المملكـة العربيــة السـعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

قررت المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني تدريس هذه الحقيبة في " المعاهد الثانوية الفنية "

الإنشاءات المدنية

تقنية الإنشاءات المدنية

الصف الأول



نسخة أولية ١٤٢٥هـ

مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجةً للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " تقنية الإنشاءات المدنية" لمتدربي قسم" الإنشاءات المدنية " للمعاهد الفنية للمراقبين الفنيين موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه: إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تمهيـــد

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين سيدنا محمد بن عبدالله الرسول الأمين .... أما بعد

فإن هذا الكتاب يعتبر المرحلة الأولى ومدخلاً لمادة تقنية الإنشاءات المدنية حيث سيدرس في السنة الأولى من مراحل الدراسة في قسم الإنشاءات المدنية بمعهد المراقبين الفنيين..وقد اعتمد في تأليفه على كثير من المعلومات الأساسية في مجال تقنية أعمال التربة ومياه الشرب والصرف الصحي ليخرج المتدرب بمحصلة علمية تؤهله للإلمام بهذه المجالات وتجعله قادراً على الإشراف على تنفيذ أعمالها . وقد استعرضنا في هذا المؤلف أقسام التربة وخصائصها الفردية وكيفية تصنيفها هندسياً ، ثم فصلنا في أعمال ومعدات الحفر والردم الخاصة بالطرق وبتمديد الخدمات تحت هذه الطرق . كذلك استعرضنا أحدث الطرق في تنقية مياه الشرب ومعالجة مياه الصرف الصحي . وقد حاولنا قدر الإمكان بأن تكون المادة العلمية للكتاب سهلة وميسرة في متناول المتدرب بالنظر إلى ملكاته العلمية التي يحملها ونرجو من الله أن نكون قد وفقنا في ذلك ..وما كان هذا العمل ليتم لولا فضل الله ثم الدعم والتوجيه والمساندة من الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج بالمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني وإدارة المعهد الثانوي للمراقبين الفنيين بالرياض فلهم منا جزيل الشكر والامتنان على ذلك .

كما نتقدم بالشكر الجزيل لكل من ساهم في هذا الكتاب ونخص بالذكر الدكتور / أحمد بن مشهور الحازمي مدير إدارة البيئة والصحة الصناعية بشركة سابك الذي ساهم في مراجعة المادة العلمية في هذا الكتاب والمهندس / ابراهيم النعمي مدير عام الطرق والنقل بمنطقة الرياض والمهندس / فهد الحقباني مدير محطة منفوحة لتنقية مياه الشرب والمهندس / وليد السهيل المدير الفني لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي بالرياض الذين ساهموا بتقديم معلومات قيمة كونت أجزاء رئيسية في هذا الكتاب .

هذا والله نسأل أن يتقبل هذا العمل ويجعله خالصاً لوجهه وأن يكون من العلم النافع ومدخراً ليوم لا ينفع فيه مال ولا بنون إلا من أتى الله بقلب سليم .

المملكـة العربيـة السـعودية

المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج



تقنية الإنشاءات المدنية

الفصل الأول

الفصل الأول

المملكـة العربيـة السـعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج



تقنية الإنشاءات المدنية

المبادئ الأساسية للأعمال الترابية

المبادئ الأساسية للأعمال الترابية

١

الهدف الموضوعي

أن يتعرف المتدرب على أقسام التربة وخصائصها وتصنيفها هندسياً .

موضوعات الباب

١ -١ تمهيد
١ -٢ أقسام التربة
١ -٣ خصائص حبيبات التربة
١ -٤ تصنيف التربة

عدد ساعات التدريب ١٢ ساعة

المبادئ الأساسية للأعمال الترابية

١ -١ تمهيد

تتكون التربة أساساً من مواد معدنية تكونت من تفكك وتحلل الصخور باختلاف أنواعها سواء كانت صخور بركانية أو صخور رسوبية أو صخور متحولة ، تفتتت بسبب العوامل الجوية مثل الرياح أو الأمطار أو عوامل كيميائية كتأثرها بالأحماض العضوية الموجودة في الأرض أو تحلل النباتات أو الحيوانات بفعل تغير درجات الحرارة ، فمنها ما بقي في مكانه وسميت بالتربة الباقية ومنها ما انتقل بفعل الرياح أو الأمطار إلى مكان آخر وسميت بالتربة المنقولة .

١ -٢ أقسام التربة

عند تقسيم التربة تقسيماً هندسياً يؤخذ في الاعتبار عاملان رئيسيان هما :

الأول _ حجم الحبيبات.

الثاني _ قوى التماسك بين تلك الحبيبات .

فإذا أخذ في الاعتبار العامل الأول فإن تقسيم التربة يكون على النحو التالي :

أ) طين .

ب) طمي .

جـ) رمل .

د) بحص .

هـ) كسر الحجارة .

أما إذا أخذ في الاعتبار العامل الثاني فإن تقسيمها يكون على النحو التالي :

أ) تربة مفككة :

وتشمل الرمل والبحص وكسر الحجارة .

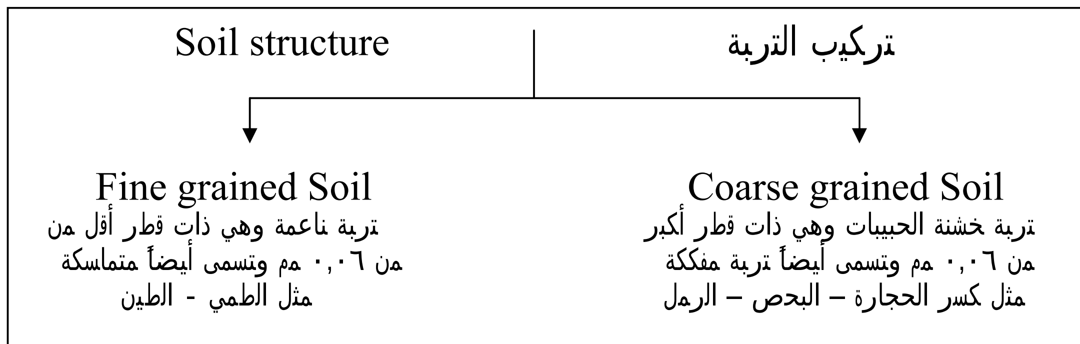
ب) تربة متماسكة :

وتشمل الطين والطمي .

والجدول رقم (١ -١) يوضح تقسيم التربة حسب حجم الحبيبات أو حسب نوع قوى التماسك بين تلك الحبيبات .

حجم الحبيبات "ملم"	النوع	المسمى	المجموعة
٠,٠٠١ – ٠,٠٠٢	طين	طين	تربة متماسكة
٠,٠٠٢ – ٠,٠٠٦	طمي	طمي ناعم	
٠,٠٠٦ – ٠,٠٢		طمي متوسط	
٠,٠٢ – ٠,٠٦		طمي خشن	
٠,٠٦ – ٠,٢	رمل	رمل ناعم	تربة مفككة
٠,٢ – ٠,٦		رمل متوسط	
٠,٦ – ٢		رمل خشن	
٢ – ٦	بحص	بحص ناعم	
٦ - ٢٠		بحص متوسط	
٢٠ – ٦٠		بحص خشن	
٦٠ - ٢٠٠	حجارة	حجارة	

الجدول رقم (١ -١)



الشكل رقم (١ -١) تقسيم التربة

١ -٣ خصائص حبيبات التربة

توجد خواص معينة لحبيبات التربة تعتبر نافعة بشكل أو بآخر للتنبؤ بسلوك التربة أثناء إستخدامها وهذه تشمل ملمس الحبيبات وشكلها وحجمها والتركيب الكيميائي والبيولوجي لها وفيما يلي سنتعرض بشيء من التفصيل لهذه الخصائص ، لنتعرف من خلالها على كيفية تأثيرها على سلوك التربة عند إستخدامها في الأغراض الهندسية المختلفة.

١ -٣ -١ ملمس السطح

يؤثر الملمس السطحي لحبيبات التربة على سلوكها عند إستخدامها في خلطات التربة الحصوية فكل ما كان ملمسها أكثر خشونة كل ما كان أداؤها أفضل لأن نعومة السطح تساعد على انزلاق الحبيبات بعضها عن بعض وخليط التربة الذي يحتوي هذه الحبيبات الناعمة تكون له مقاومة ضعيفة للتشكل تحت الأحمال التي سوف تتعرض لها التربة .

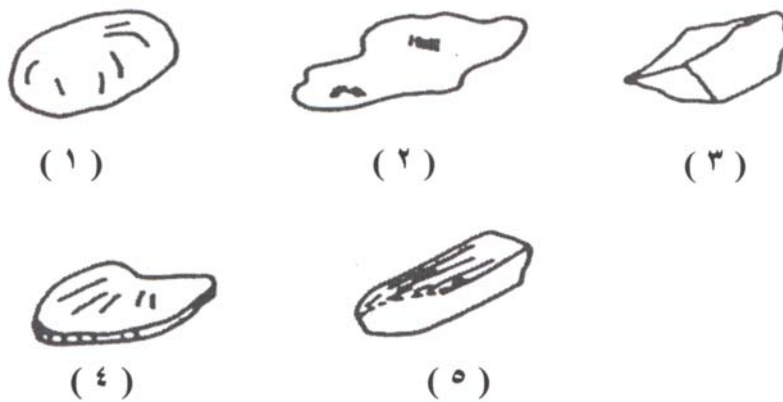
١ -٣ -٢ شكل الحبيبات

من المؤكد أن لشكل الحبيبات الخارجي تأثيراً على أداء التربة عند إستخدامها في الأغراض الهندسية فشكل الحبيبات الكبيرة كما وجدت في الطبيعة يدل على قوتها وصلادتها. فالحبيبات المستديرة التي توجد مترسبة في مجاري السيول تكون قد تعرضت للبري أو الصقل بشكل كبير وعادة ما تكون قوية نسبياً وتقاوم الانضغاط والكبس إذا ما تعرضت له . والحبيبات الرقيقة الموجودة في الطبيعة والتي لم تتعرض للظروف السابقة تكون ضعيفة وهشة وبالتالي فإنه لا يمكن الإعتماد عليها عند إستخدامها . أما الحبيبات الزاوِّية والمكعبة الشكل تقريباً الناتجة من كسر الحجارة الصلدة إذا ما خلطت مع التربة فإن ذلك سيزيد من مقاومة التربة للانحناء تحت تأثير الأحمال حيث تميل الحبيبات إلى أن تتداخل مع بعضها وفي المقابل نجد أن الحبيبات الأكثر استدارة ينزلق بعضها عن بعض .

ويمكن تقسيم شكل الحبيبات في التربة إلى خمسة أشكال كما في الجدول رقم (١ - ٢).

التقسيم	الوصف	الأمثلة
(١) مدور	استدارة الحبيبات نتيجة لتآكلها بفعل المياه أو بعوامل التعرية الأخرى .	بحص الأنهار أو شواطئ البحار – رمل الصحراء أو شواطئ البحار أو رمال منقولة بالرياح .
(٢) غير منتظم	غير منتظم طبيعياً أو مشكّل تشكيلاً جزئياً بعوامل التعرية وله حواف مستديرة.	بحص الحفر – حجر الصوان .
(٣) زاويٍّ	ذو حواف حادة واضحة عند تقاطع أسطحة الخشنة .	جميع أنواع الأحجار المكسورة .
(٤) مفلطح	حبيبات معظمها زاوِّي ذات سمك صغير بالنسبة لطولها وعرضها .	صخور طبقية .
(٥) عصوي	حبيبات معظمها ذات بعدين صغيرين بالنسبة للبعد الثالث .	صخور طبقية أو صخور أخرى تعرضت لعوامل تعرية بفعل الكسارة .

الجدول رقم (١ - ٢)



الشكل رقم (١ - ٢) يوضح مظهر وصفات كل قسم .

١ -٣ -٣ حجم الحبيبات

كما لاحظنا أن لحجم الحبيبات دوراً في تصنيف التربة هندسياً لوجود علاقة بين حجم الحبيبة وسلوك التربة عند إستخدامها في الأغراض الهندسية .

فالطين : ينتج من التأثير الكيميائي الخاص بالعوامل الجوية وغالباً ما تأخذ الحبيبات أشكالاً متعددة مثل الصفائح أو القضيب .. إلخ ، ولصغر حجم الحبيبات فإن أداءها يتأثر بالرطوبة الموجودة فيها . وأما الرمل الخشن فيكون شكله دائرياً تقريباً مختلفاً عن الرمل الناعم الذي يكون شكله زاوياً ، وتتأثر فعاليته بالمساحة السطحية للحبيبات بالإضافة إلى الحجم . وعموماً كل ما زاد حجم الحبيبات قلت قوة التماسك بينها ، وفي معظم الأغراض الهندسية تعتبر المواد الخشنة أكثر تفضيلاً إلى حد بعيد من المواد الناعمة . أما التربة الطميية فتسبب صعوبات في المناطق التي تتجمد فيها الأرض بفعل الصقيع أو المناطق التي يحدث فيها انتقال الرطوبة نتيجة الخاصية الشعرية .

١ -٣ -٤ التركيب الكيميائي والبيولوجي

إن للتركيب الكيميائي تأثيراً على أداء وسلوك التربة أثناء إستخدامها فبعض المكونات تحتوي على شحنات كهربائية على السطح وبالتالي فإنها تجتذب شيئاً من الرطوبة الموجودة في الأرض ولذلك تميل إلى الانتفاخ أو الانكماش مع تغيرات محتوى الرطوبة . أما التركيب البيولوجي فله تأثير سلبي على سلوك التربة فاحتواء التربة على مواد عضوية ذات درجات متفاوتة من النعومة يؤدي إلى قابليتها للانضغاط بدرجة عالية جداً وتنتج عن هذه المواد خواص هندسية رديئة في مقاومة الأحمال .

١ -٣ -٥ درجة تأثرها بالرطوبة

للرطوبة تأثير كبير على سلوك التربة ويختلف هذا التأثير باختلاف نوع التربة ونسبة الرطوبة المحيطة بها . فهناك أنواع من التربة يحدث بها تغيرات في الحجم عندما تتغير فيها نسبة الرطوبة . فمنها ما يحصل لها انكماش عند نقص نسبة الرطوبة أو جفافها ومنها ما ينتفخ عند زيادة نسبة الرطوبة فيها ، وكلا الأمرين مؤثر على خليط التربة المستخدمة فعلى سبيل المثال قد يحدث شروخ في سطح الرصف مما يؤدي إلى انهيار التربة لأن الرطوبة تسببت في تقليل قوة تحمل التربة للأحمال .

١ -٣ - ٦ الكثافة

كثافة التربة هي وزنها بالنسبة للمتر المكعب ، وإذا عبر عنها **بالوزن الرطب** فإن المقصود هو وزنها يشمل الرطوبة الموجودة فيها . أما إذا عبر عنها **بالوزن الجاف** فإن المقصود هو وزن الحبيبات وحدها خالية من الرطوبة .وكلما كانت كثافة التربة أكثر فإن هذا يعني أن عدد الحبيبات في المتر المكعب أكثر وهذا سيقلل من حجم الفراغات الموجودة ، وبالتالي تتحسن خواص التربة ويمكن الاعتماد عليها في بناء

الأعمال المدنية مع ملاحظة أن ذلك يخص المواد الخشنة فقط .ولكن ذلك لا ينطبق على المواد الناعمة مثل الطين لأن شراهته للماء عالية وهذا يشكل خطراً على الطرق إذا استخدم الطين كمادة أساسية فيه لأن ذلك يتسبب في أن يصبح الطريق غير مستوٍ مع احتمال انهيار الطريق بسبب تغير حجم الطين عند تغير نسبة الرطوبة فيه .

١ -٤ تصنيف التربة

تعتبر التربة عنصراً أساسيا من عناصر المنشآت الهندسية بشتى مجالاتها سواءً كانت الطرق أو الجسور أو المطارات أو السدود أو المباني السكنية . وتتلخص استخداماتها الرئيسية في طبقات الردم والخلطات الخرسانية و الخلطات الإسفلتية . ولكل حقل من هذه الحقول مواصفات خاصة لابد من تطبيقها للحصول على نتائج جيدة في كل مجال . لذلك كان من الضروري دراسة كيفية اختيار أو تحسين خواص التربة الملائمة للوصول إلى أفضل النتائج لكل نوع من أنواعها .

و يعتمد تصنيف التربة على مجموعة من الاختبارات ومعلومات أخرى تساعد على تقسيمها إلى مجموعات يمكن فصل كل نوع يتميز بخواص متماثلة ، وإذا تم تصنيف التربة فإن أداءها يمكن التنبؤ به ويميزه عن المجموعات الأخرى . وقد وجدت هيئات ومنظمات مختلفة اهتمت بتصنيف التربة مثل آشتو AASHO (الاتحاد الأمريكي للطرق) والموحد (نظام سلاح المهندسين للجيش الأمريكي والذي أعده الأستاذ كاساجراند) ، FAA (نظام الوكالة الفيدرالية للطيران) وتصنيفات أخرى لا يتسع المجال لذكرها هنا . ويعتبر نظام آشتو في تصنيف التربة أكثر الطرق شيوعاً واستخداماً في العالم . ولكي يستخدم هذا النظام فإنه يلزم أولاً معرفة بعض الخواص الهندسية للتربة ومن أهمها النسبة المئوية للمار من المناخل ذات الأرقام (٢٠٠ ، ١٠ ، ٤٠) وكذلك حد السيولة ومعامل اللدونة .

١ -٤ -١ جمع المعلومات

من المهم جداً دراسة التربة جيداً قبل إستخدامها للتحقق من درجة تحملها للأحمال المختلفة تحت الظروف المختلفة . وهناك ثلاثاً مصادر أساسية تستقي منها المعلومات بشأن التربة وهي :

١) الخرائط الجوية .
٢) الخرائط الطبوغرافية .
٣) خرائط التربة الزراعية .

والتي يمكن الحصول عليها من الجهات المختصة في الوزارات والهيئات وغيرها . وتوفر هذه البيانات العلمية والعملية يشكل أهمية قصوى للمهندس لاختيار نوع التربة التي سيستخدمها في المشروع مع تطلب

وجود الخبرة في هذا المجال لتلافي حصول مشاكل أو انهيارات في المشروع . بالإضافة على أنه لابد من الاطلاع على دراسات وتقارير المشاريع التي جرى تنفيذها في نفس المنطقة أو المناطق المشابهة للاستفادة منها في تصميم المشروع .

١ -٤ -٢ التدرج الحبيبي للتربة

للتدرج الحبيبي تأثير كبير في كثير من خواص التربة مثل الدمك والكثافة والمسامية والنفاذية ، وبالنسبة للتربة الناعمة يؤثر كذلك على اللدونة والانتفاخ والنكماش.

ويقصد بالتدرج الحبيبي للتربة بأنه النسب المئوية لأوزان الحجوم المختلفة للحبيبات لوزن معلوم من التربة .

١ -٤ -٢ -١ اختبار التحليل المنخلي

يجرى اختبار التحليل المنخلي على عينه عشوائية تحضر من الموقع المراد استعمال مواده في المشروع وتوزن وتجفف في الفرن ثم يتم نخلها خلال مجموعة من المناخل لها فتحات مربعة بمقاسات متعارف عليها عالمياً وتكون حسب الترتيب الموضح في الجدول رقم (١ - ٣) يستخدم فيها هزاز ميكانيكي لمدة معلومة ثم يوزن المتبقي على كل منخل ليعرف وزن المار منها ثم يقارن مع الوزن الكلي للعينة .



الشكل رقم (١ - ٣) عينات التربة .



الشكل رقم (١ - ٤) الميزان اليدوي



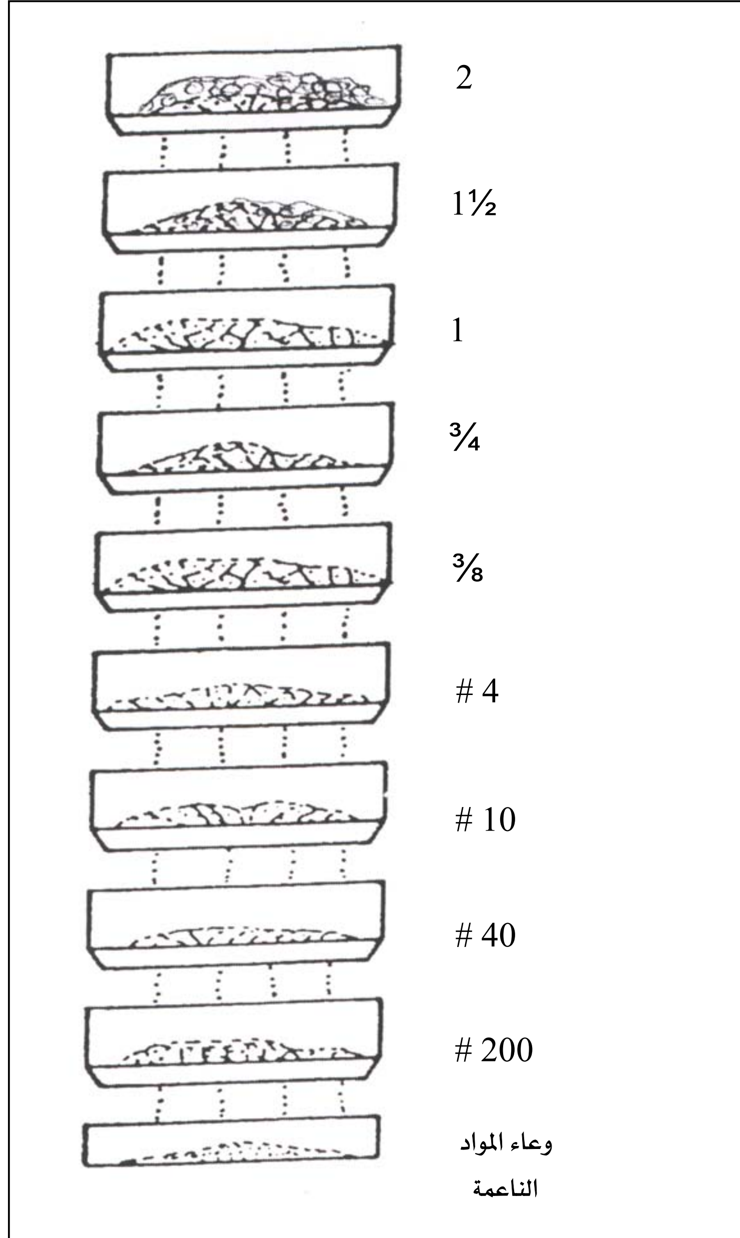
الشكل رقم (١ - ٥) الميزان الإلكتروني



الشكل رقم (١ - ٦) الفرن .



الشكل رقم (٨ -١) الهزاز .


2
1½
1
¾
⅜
4
10
40
200
وعاء المواد
الناعمة

الشكل رقم (١ - ٩) يوضح مجموعة المناخل التي تستخدم في اختبار التحليل المنخلي موضحاً عليها أرقام ومقاسات المناخل . (لاحظ أن المناخل رتبت بحيث يتناقص مقاس الفتحة من أعلى إلى أسفل) .

وصف المنخل									
بالبوصة*	2	1½	1	¾	⅜				
بالأرقام**						4	10	40	200
الفتحة بالمليمترات	50.00	37.50	25.00	19.00	9.50	4.75	2.00	0.425	0.075

الجدول رقم (١ - ٣)

❖ المناخل في هذه المجموعة لها فتحات مربعة بالمقاس المذكور .

❖❖ المناخل في هذه المجموعة لها كذلك فتحات مربعة . ويشير رقم المنخل إلى عدد الفتحات الموجودة لكل بوصة طولية عبر المنخل .

١ -٤ -٣ قوام التربة

من المعلوم أن للرطوبة تأثيراً مباشراً على قوام التربة والتي تنعكس على درجة التماسك بين حبيبتها.

و يعرف قوام التربة على أنه " **درجة التماسك والترابط الموجودة بين حبيبات التربة** " .

ولقوام التربة حدود ثلاثة هي :

١) حد السيولة .
٢) حد اللدونة .
٣) حد الانكماش .

وتعتبر هذه الحدود الثلاثة من أهم العوامل التي يجب التعرف عليها قبل تصنيف التربة.

فحد السيولة هو نسبة الرطوبة التي عندها تتحول التربة من حالة سائلة إلى حالة لدنه .

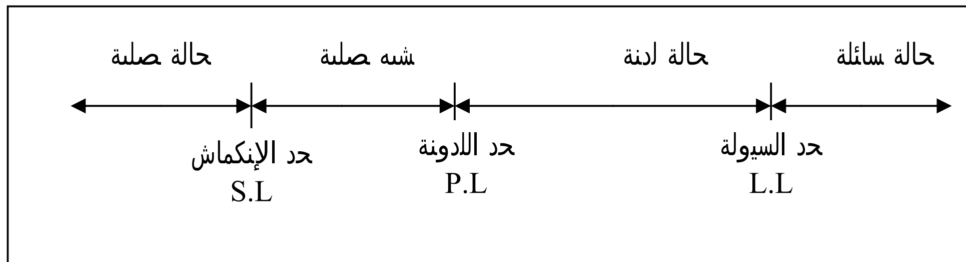
وحد اللدونة هو نسبة الرطوبة التي عندها تتحول التربة من حالة اللدونة إلى حالة شبه صلبة .

وحد الانكماش هو نسبة الرطوبة التي عندها تتحول التربة من حالة شبه صلبة إلى حالة صلبة .

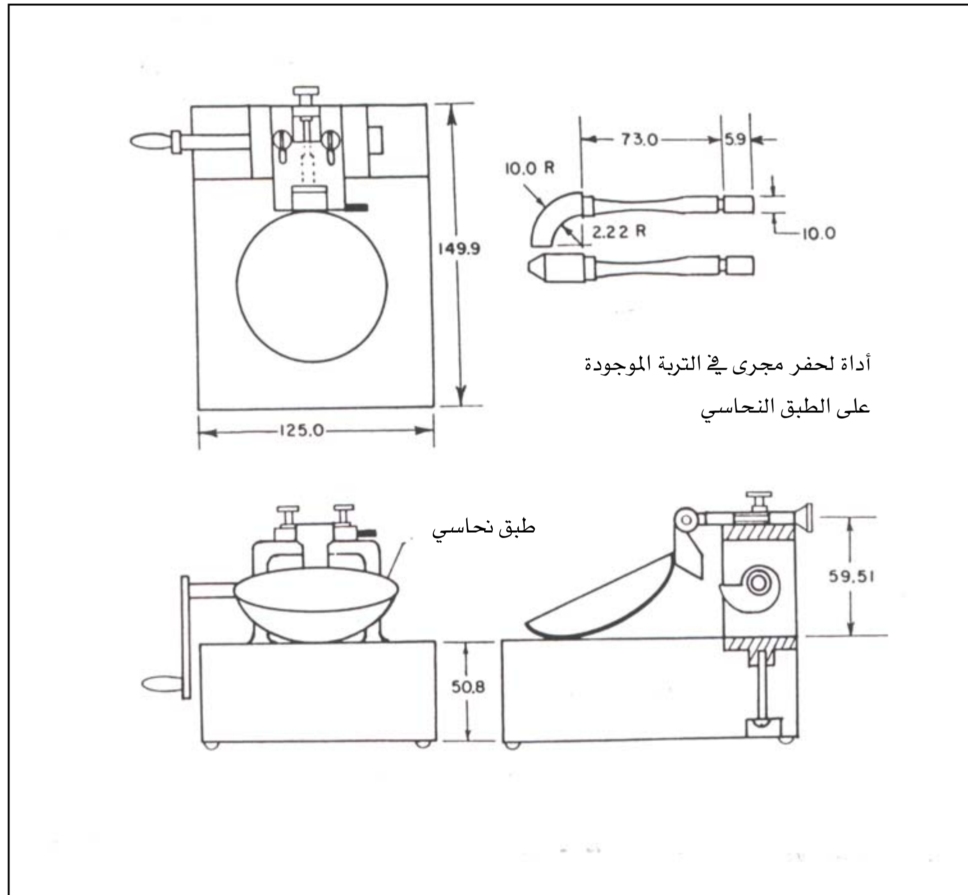
أما الفرق بين حد السيولة وحد اللدونة فيعرف بمؤشر اللدونة كما في المعادلة التالية:

مؤشر اللدونة = حد السيولة – حد اللدونة

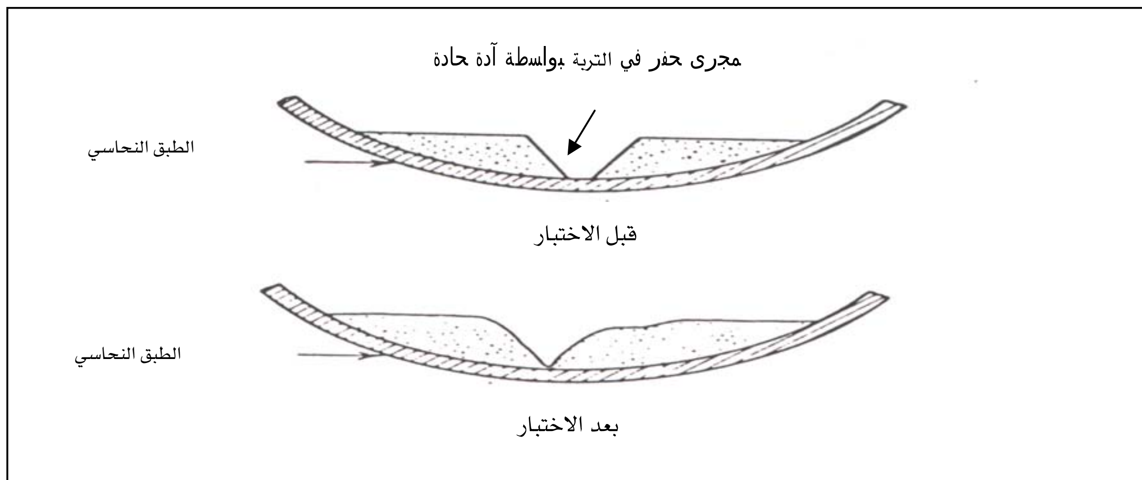
ويمكن تلخيص التعريفات السابقة على الرسم التالي في الشكل رقم (١ - ١٠)



الشكل رقم (١ - ١٠)



الشكل رقم (١ - ١١) يوضح الجهاز المستخدم لقياس حد السيولة للتربة الذى اقترحه المهندس السويدى أتربرج (❖ جميع المقاسات الموجودة بالمليمترات .)



الشكل رقم (١ - ١٢) يوضح مقطعاً للتربة على الطبق النحاسي قبل وبعد اختبار أتربرج .

المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج



تقنية الإنشاءات المدنية

أعمال ومعدات الحفر و الردم

أعمال ومعدات الحفر و الردم

٢

الهدف الموضوعي :

أن يتعرف المتدرب على أنواع عمليات الحفر والردم ومراحلها والمعدات المستخدمة فيها

موضوعات الباب

٢ -١ تمهيد

٢ -٢ أعمال الحفر

٢ -٣ أعمال الردم

عدد ساعات التدريب ٣٠ ساعة

أعمال ومعدات الحفر والردم

٢ -١ تمهيد

تعتبر أعمال الحفر والردم من العمليات الأساسية في الأعمال الهندسية . وحيث إن المشاريع الهندسية لها ارتباط كلي بالأعمال والمعدات في عمليات الحفر والردم لذلك سوف نتطرق في هذا الباب لهذه العمليات وأقسامها وأنواع المعدات المستخدمة فيها .

٢ -٢ أعمال الحفر

يقصد بها عملية تفكيك التربة أو الصخور ونقلها من مكانها الأصلي في موقع الحفر إلى الأماكن المطلوب ردمها أو للأماكن المخصصة للتخلص من الأتربة الزائدة . ويتم اختيار معدات الحفر حسب نوع التربة والمسافة المراد نقلها إليها وطريقة التخلص من الكميات الزائدة .

٢ -٢ -١ أنواع عمليات الحفر

تقسم عمليات الحفر على حسب المواد المنقولة المكونة للتربة وهي كما يلي :

أ) المواد الصخرية

ويطلق عليها صخور صم – وغالباً ما تستخدم طريقة التفجير في تفكيك هذه المواد ومن ثم تحمل باستخدام معدات حفر مخصصة وتنقل على مركبات نقل أو أي وسيلة نقل أخرى .

ب) كسر الحجارة

كسر الحجارة هي عبارة عن الصخور المتآكلة نتيجة عوامل التعرية أو بعض المؤثرات العضوية أو تكون خليطاً من التربة والصخور ويتم حفرها باستخدام معدات مخصصة للحفر دون اللجوء لعملية التفجير .

جـ) المواد العادية

يقصد بهذه المواد أي نوع من أنواع أخر من التربة غير التي ذكرت من قبل ويتم حفرها بمعدات الحفر المعروفة دون الحاجة إلى استخدام المواد الناسفة .

٢ -٢ -٢ نقل مواد الحفر

بعد إتمام عملية الحفر يتم نقل مواد الحفر بعيداً عن مكان المشروع أو تنقل إلى مناطق الردم في نفس المشروع . ويستخدم في نقل ناتج الحفر قلابات خلفية أو عربات تفريغ سفلي . ويمكن تصنيف هذه العربات بالمواصفات التالية :

١) سعة ونوع المحرك .
٢) عدد الإطارات .
٣) عدد المحاور (ثنائية – أحادية) .
٤) نوع التفريغ (جانبي – خلفي – سفلي) .
٥) نوع المواد المنقولة (تربة – صخور – فحم ...) .
٦) سعة الصندوق (طن – ٣ م) .
٧) طريقة التفريغ .

ولا ننسى في هذا المجال أن ننبه إلى أن هناك العديد من العوامل التي تؤثر على نقل الأتربة فمنها على سبيل المثال حجم المشروع وطبيعة التربة والظروف الجوية ومهارة العاملين في تشغيل المعدات والمشرفين عليها . فلذلك فإنه يصعب تحديد النوع المناسب لأي موقع ولذلك لابد من أخذ هذه العوامل في الاعتبار والتي تختلف باختلاف المشروع .

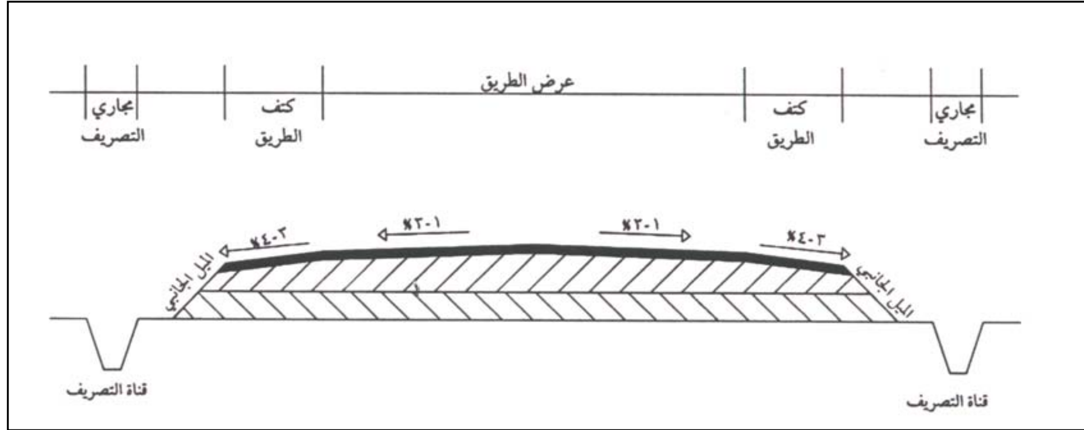
٢ -٢ -٣ تكلفة الحفر

تتم المحاسبة على الحفر على أساس سعر المتر المكعب مضروباً في كميات الحفر التي تقدر بتكعيب الأماكن الأصلية التي كانت تشغلها والتي تم حفرها . على أن يشمل السعر تفكيك التربة وتحميلها ونقلها وفرشها أو ردمها في أماكن الردم المقترحة وأحياناً يشمل سعر الحفر بعض عمليات إخلاء وإعداد الموقع أو تسوية ميول الحفر والردم أو تكلفة دمك الجسور على أن ينص على ذلك في العقد. ولتجنب بعض المشكلات التي تحدث بين المقاول والمالك تقوم بعض الجهات الإشرافية بتقسيم المشروع الواحد إلى قطاعات مختلفة تكون الصبغة الصخرية أو غير الصخرية هي الغالب على كل قطاع ، وبذلك تتم المحاسبة في كل قطاع على أساس السعر المعروض لحفر التربة .

٢ -٢ -٤ أعمال الحفر اللازمة لإنشاء الطريق

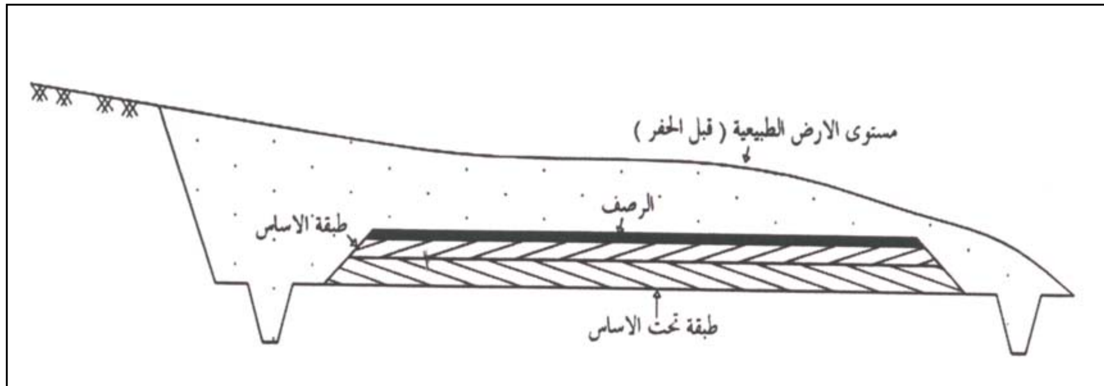
تعتبر الطرق من الأعمال المدنية التي تستخدم عمليات الحفر أو ما يسمى بالقطعيات بشكل دائم فعندما يكون منسوب سطح الأرض الطبيعية أعلى من منسوب أسفل طبقة تحت الأساس في بعض أجزاء الطريق فإنه يتم القطع للوصول إلى منسوب هذا السطح ويتم نقل الأتربة الناتجة من القطع إلى مناطق

الردم إذا كانت تصلح للردم وتنقل إلى أماكن بعيدة عن الطريق إذا كانت غير صالحة للردم ويجب مراعاة الميول الطولية والعرضية المنصوص عليها في مواصفات المشروع . والشكل رقم (٢ - ١) يبين قطاع طريق نموذجي في حالة القطع موضح عليه الأجزاء الرئيسية له .



الشكل رقم (٢ - ٢) قطاع نموذجي لطريق خارج المدينة

والشكل رقم (٢ -٢) قطاع نموذجي لطريق خارج المدينة موضح عليه الأجزاء الرئيسية له .



الشكل رقم (٢ - ١) قطاع طريق نموذجي في حالة القطع

٢ -٢ -٥ أعمال الحفر اللازمة لتمديد الخدمات تحت الطرق

تعتبر أعمال الحفر اللازمة لتمديد الخدمات تحت الطرق من الأعمال الأساسية التي لابد منها . ويقصد بأعمال الحفر هنا هو عمل مجرى خاص لهذه الخدمات بمواصفات محددة لهذا الغرض بواسطة معدات مخصصة لذلك .

وهناك أنواع كثيرة من الخدمات تنفذ تحت الطرق نذكر منها ما يلي :

١) شبكات التغذية بمياه الشرب .
٢) شبكات الصرف الصحي .
٣) شبكات صرف مياه الأمطار .
٤) شبكات الهاتف .
٥) خطوط الكهرباء .
٦) الألياف البصرية .

وسنقتصر في هذا الباب على الحديث عن تمديد الشبكات الصحية الشاملة لشبكات التغذية وشبكات الصرف الصحي وصرف مياه الأمطار . **كما أن تمديد هذه الخدمات تحت الطرق يتم بطريقتين رئيستين هما :**

أ) طريقة الخندق المفتوح .
ب) طريقة الثقب الأفقي .

ويعتمد اختيار الطريقة على نوع الخدمة واتجاهها بالنسبة للطريق ، وتعتبر الظروف الطبيعية والناحية الفنية والاقتصادية من الأمور التي لها دور كبير في ذلك .

٢ -٢ -٥ -١ الخندق المفتوح

تحفر الخنادق المفتوحة أو ما يسمى بخنادق الأنابيب حسب المخططات النهائية للأنابيب بحيث تكون مستقيمة ومنتظمة المنحنيات والمنحدرات طبقاً للرسومات التصميمية . وقبل البدء بالعمل لابد من توفر جميع المواد والمعدات اللازمة لهذه الطريقة . ويمكن تلخيص عملية إنشاء خنادق في المراحل التالية :

المرحلة الأولى : إعداد الموقع

١) تجهيز الموقع وتنظيفه وإزالة العوائق باستبعاد جميع الأشياء المعوقة للإنشاء خارج الموقع .

٢) وضع الحواجز اللازمة لمنع العربات والأفراد وتأمينهم من الحوادث .

٣) تجهيز المخططات اللازمة لأعمال التمديدات وكذلك مخططات الخدمات الأخرى التي قد تعترض الخندق مثل تمديدات خطوط الكهرباء والتلفونات وأنابيب المياه والصرف القديمة ثم القيام بتوقيع أماكنها على مخططات الموقع بالتحديد حتى تتفاداها معدات الحفر .ويعتبر المقاول هو المسؤول الأول عن سلامة خطوط هذه الخدمات فعند حدوث أي قطع أو تلف لهذه الخدمات فيجب إبلاغ الجهات ذات العلاقة حتى تقوم بإصلاحها على نفقة المقاول مع دفع غرامة الأضرار والتعطيل لهذه الخدمات .

٤) تجهيز جميع المواد المطلوبة للإنشاء مثل :

_ الأنابيب وملحقاتها .

_ المواد المطلوبة للعملية المساحية وأجهزتها المستخدمة .

_ المعدات المطلوبة في أعمال الحفر والردم والتمديد .

٥)عمل التحويلات المرورية والتحذيرية والحواجز والإنارة الليلية حسبما ورد في المواصفات والشروط المطلوبة .

المرحلة الثانية : الرفع المساحي للمنطقة وتحديد موقع الخندق عليها

١)يحدد منسوب ثابت على الأرض وهو ما يسمى بالروبير وذلك باستعمال جهاز الميزان المساحي حتى يمكن تحديد مناسيب الأرض على طول محور الخندق ومن ثم تحديد عمق الحفر المطلوب للخندق .

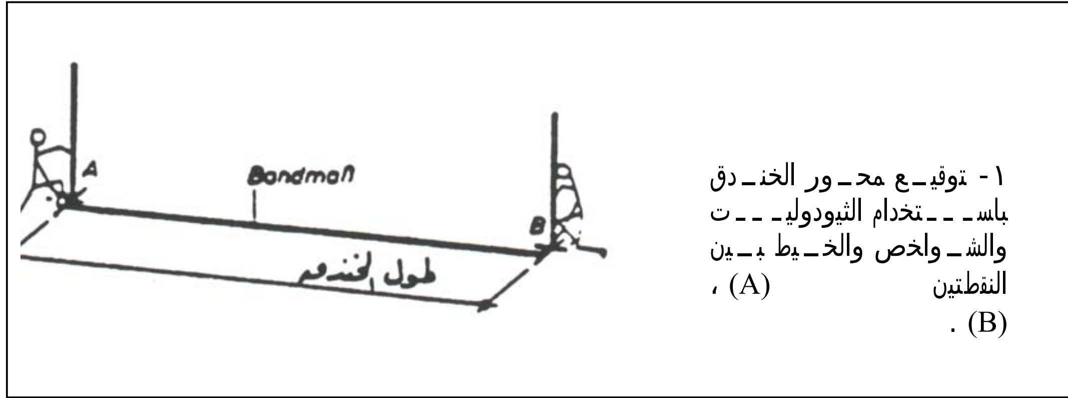
٢)يحدد محور الخندق بواسطة جهاز الثيودوليت والشواخص والخيوط ثم يتم تخطيط المحور على الأرض .

٣)عمل ميزانية طولية لتحديد مناسيب الأرض الطبيعية على المحور .

٤)تحديد عرض الخندق على جانبي المحور استعداداً للحفر باستخدام الشريط للقياس والخيط والشواخص .

٥)في حالة التخطيط على طبقة الإسفلت السطحية يتم استخدام المنشار الكهربائي للقص في طبقة الإسفلتية قبل البدء في الحفر .

والشكل رقم (٢ - ٣) يبين طريقة توقيع محور الخندق على الأرض الطبيعية .



الشكل رقم (٢ - ٣) يبين طريقة تخطيط محور الخندق على الأرض

المرحلة الثالثة : البدء في الحفريات

١) عند البدء في حفر الخندق بواسطة المعدات المخصصة لذلك لابد من مراعاة دعم الحفريات من الانهيار ومراقبة جوانب الحفر أثناء عملية الحفر .

٢) يدق في جوانب الحفر (علامة) حديد على العمق المطلوب ثم يشد خيط بين هذه (علامات) حتى يأخذ القاع الميل المطلوب تبعاً لميل محور خط الأنابيب في حالة تمديد أنابيب الصرف .

٣) في حالة ظهور المياه الجوفية أثناء عملية الحفر فإنه يتم نزح المياه باستمرار بواسطة المضخات إلى خارج المنطقة .

٤) يراعى أثناء الحفر أماكن خطوط الخدمات السابق تحديدها من الخرائط الخاصة بها والتي يجب تخطيط موقعها على الأرض أثناء عملية التخطيط وقبل البدء في إجراءات الحفر .

٥) يتم نقل نواتج الحفر باستمرار إلى خارج الموقع بأي وسيلة حتى لا يؤدي تركه إلى إرباك عملية المرور . أما في حالة الإنشاء على طرق لم تستخدم بعد فيتم إبعادها عن مكان الحفر حتى لا تربك العمل ثم تنقل الأتربة بعد ذلك ضمن أعمال التسوية المتبعة في الطريق .

٦) يراعى عند الحفر ما يلي :

أ) أن تكون أبعاد الحفر مطابقة للتخطيط تماماً مع مراعاة العرض الأدنى للخندق المحدد من الجهة المشرفة على المشروع .

ب) يجب أن يكون قاع الحفر مستوياً ومنسوبه مطابق لمنسوب التأسيس المتفق عليه في المخططات مع التنبيه إلى الحد الأدنى للعمق المحدد من الجهة الإشرافية .

جـ) ينبغي دعم جوانب الحفر لمنع انهيارها وإبقاء الدعامات حتى الانتهاء من تنفيذ التمديدات اللازمة والبدء في إزالتها بالتدريج مع الردم على طبقات كما يأتي فيما بعد .

د) يفضل استخدام المعدات الميكانيكية المناسبة تبعاً لطبيعة التربة .

هـ) إذا زاد عمق الحفر عن الأعماق التصميمية وجب ملء الزيادة في الحفر بخرسانة عادية لضبط القاع على المنسوب المطلوب .

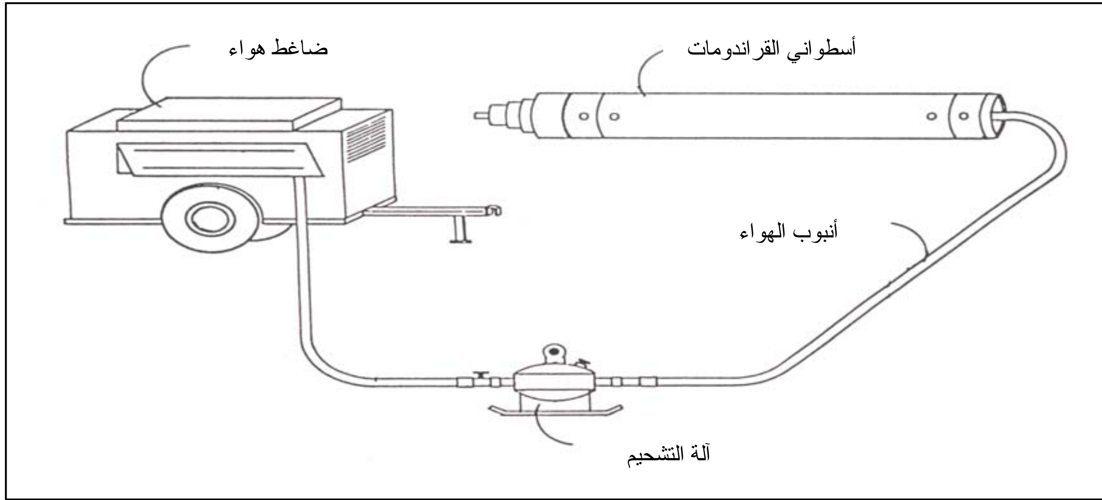
٢ -٢ -٥ -٢ الثقب الأفقي

قد يتطلب الأمر أحياناً قطع الطريق عرضياً وبما أن طريقة الخندق المفتوح تسبب مضايقة لمستخدمي الطريق خاصة في حالة عدم إمكانية توفير التحويلة المناسبة عند قطع الطرق الرئيسية بالإضافة إلى صعوبة إعادة إصلاح الطريق بعد حفره حيث لا يتم ذلك بالشكل المطلوب بحيث يعاد السير لوضعه الطبيعي تماماً ، وللحفاظ على سلامة مستخدمي الطريق دون قطع الطريق فإنه يمكن استخدام الثقب الأفقي بدلاً من الخندق المفتوح .

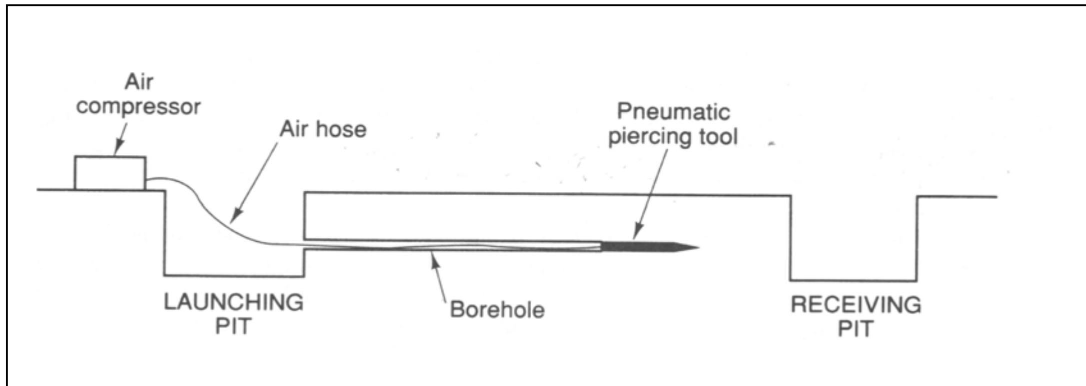
وهناك عدة طرق لتمديد الخدمات بواسطة الثقب الأفقي تحقق جميعها الغرض دون التأثير على سلامة مستخدمي الطريق وبدون إتلاف للطبقات الإسفلتية ، وهذه الطرق كالتالي :

أ) طريقة قراندومات الخاصة بإزاحة التربة

تعتبر ماكينة قراندومات الأسطوانية التي تقوم بعمل الثقب الأفقي بقوة الهواء المضغوط فتدفع للأمام بضغط حدة الانحنى ٧ بار وزيادة نسبة طول هذه الأسطوانة إلى قطرها يعطيها قوة للاختراق في التربة مع ضمان الدقة في استقامة خط الحفر كما يساعد على دقة الحفر الرأسي حيث تدفع هذه الماكينة نفسها خلال جميع أنواع التربة القابلة للإزاحة والحجارة والصخور الصغيرة بسرعة معدلها ١٠م/ساعة ، ولا تستخدم هذه الماكينة في الصخور المصمتة القوية التماسك ويبين الشكلان رقم (٢ - ٤) ورقم (٢ - ٥) مطرقة قراندومات الخاصة بإزاحة التربة مع طريقة عملها .



الشكل رقم (٢ - ٤) مطرقة قراندومات



الشكل رقم (٢ - ٥) طريقة حفر مطرقة القراندومات

ب) ماكينة تراندورام لدفع الأنابيب

تستخدم هذه الماكينة لتركيب الأنابيب وتقوم بدفع الأنابيب الحديدية داخل التربة ثم تزال التربة التي تدخل الأنابيب أثناء عملية التركيب حال اكتمال الحفر التجويفي وتصل أقطار الأنابيب في هذه الطريقة حتى ١٤٠٠ ملم وبثقب أفقي طوله ٨٠ م .

وتتميز هذه الماكينة بعدة مميزات من أهمها :

١) لها القدرة على تكسير الحجارة التي تكون في مسار الثقب الأفقي وإزالة أي عوائق أثناء عملية الثقب أو عند البدء في العمل بعد التوقف التام .

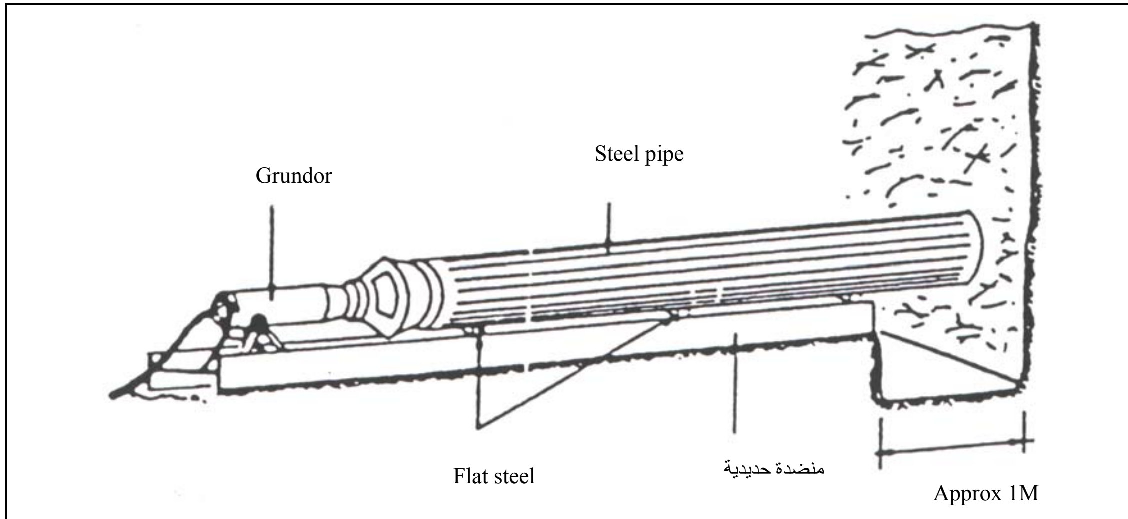
٢) الدقة في إزالة العوائق الموجودة أمام الأنبوب حيث لا تزاح هذه العوائق أو تدفع إلى مقدمة الأنبوب وإنما تكسر بشكل فعال .

٣) الزمن اللازم لإعداد الماكينة للعمل قصير ويمكن تحقيق سرعة أكبر في تسيير ودفع الأنابيب .

٤) يطلب حد أدنى من طبقة التربة فوق الأنبوب ولحماية الأنابيب من الأحمال فوقها فإن أقل عمق لهذه الأنابيب هو ١ م .

٥) يمكن نقل الوحدة كاملة بسهولة .

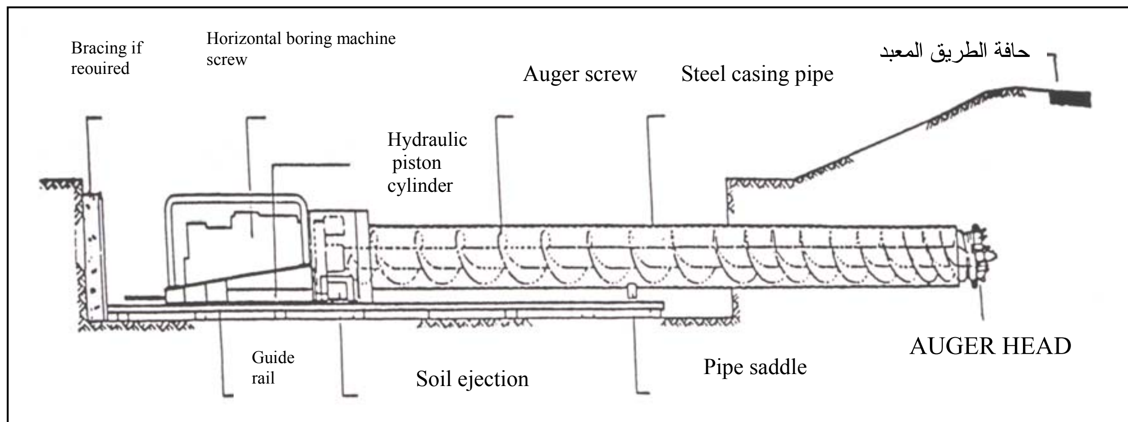
والشكل رقم (٢ - ٦) يبين ماكينة الفراندورام وطريقة دفعها للأنابيب.



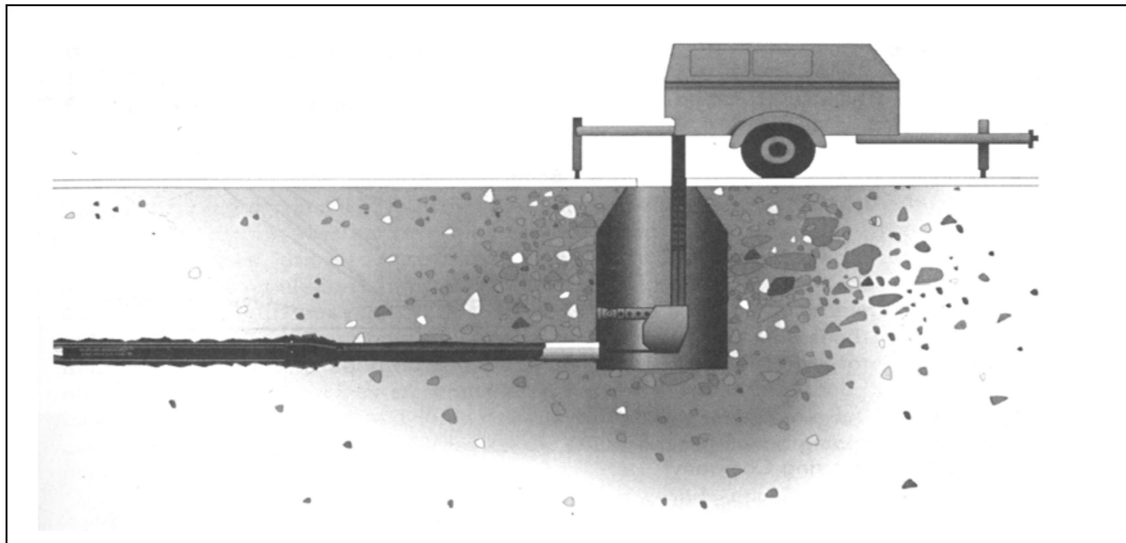
الشكل رقم (٢ - ٦) ماكينة تراندورام

جـ) طريقة الحفر بالمثقاب

في هذه الطريقة من طرق الثقب يتم توصيل الأنابيب أفقياً مع إزالة التربة داخل الأنبوبة بتوقيت متزامن باستخدام المثقاب وفي حالة وجود تربة غير متماسكة يمكن إبقاء نهاية المثقاب مسحوبة للخلف داخل أنبوبة التغليف لتجنب وجود أي فراغات إما في حالة التربة الثابتة فيمكن مد المثقاب إلى الأمام خارج أنبوبة التغليف لتسهيل تفتيت التربة وإزالتها والشكلان رقم (٢ - ٧) ورقم (٢ – ٨) يبين طريقة وماكينة الحفر بالمثقاب .



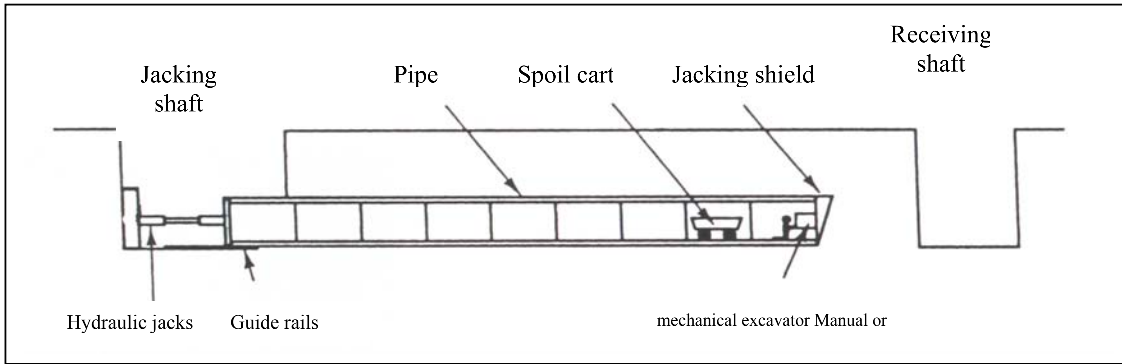
الشكل رقم (٢ - ٧) طريقة الحفر بالمثقاب



الشكل رقم (٢ - ٨)

د) طريقة دفع الأنابيب

في هذه الطريقة يمكن دفع الأنابيب الخرسانية المسلحة والفولاذية عبر أي تربة كانت وتوضع في الوصلات بين الأنابيب مواد لتقليل احتمال التشقق أو التصدع فيها نتيجة الضغط ، ويمكن بهذه الطريقة مد أنابيب بأقطار تتراوح مابين ٨٠٠ ملم إلى ٤٠٠٠ ملم لمسافات حتى ٥٠٠ متر . ويتوقف عدد وقدرة الروافع اللازمة لدفع الأنبوب على مقاس وطول الأنبوب ونوع التربة التي سيتم الثقب فيها حيث يمكن دفع الأنابيب في التربة الرملية دون أي حفريات أمام الأنبوب بينما لابد من الحفر أمام الأنبوب لدفع التربة الصلبة أما في حالة الصخور الصلبة فيمكن استخدام التفجير للثقب أمام الأنبوب . والشكل رقم (٢ - ٩) يبين طريقة دفع الأنابيب لعمل التمديدات .



الشكل رقم (٢ - ٩) طريقة دفع الأنابيب لعمل التمديدات

٢ -٢ -٥ -٣ مواقع تمديد الخدمات

أ) _ الطرق الواقعة خارج النطاق العمراني للمدينة

عندما يكون تمديد الخدمات على الطرق الواقعة خارج النطاق العمراني فيفضل أن يكون التمديد خارج منطقة الطريق (التي تسمى منطقة حرم الطريق) أخذاً في الاعتبار احتمال توسعة الطريق مستقبلاً وعدم التأثير على أعمال صيانة الطريق . وإذا تعذر ذلك بسبب وجود أراضٍ مملوكة مجاورة للطريق أو ظروف طبيعية تعيق تمديدها خارج الحرم فإنه يمكن تمديدها داخله شريطة أن يكون في آخر مترين من الحرم وبعد نهاية الميل الجانبي للطريق كما تنص المواصفات في ذلك .

ب) _ الطرق الواقعة داخل النطاق العمراني للمدينة

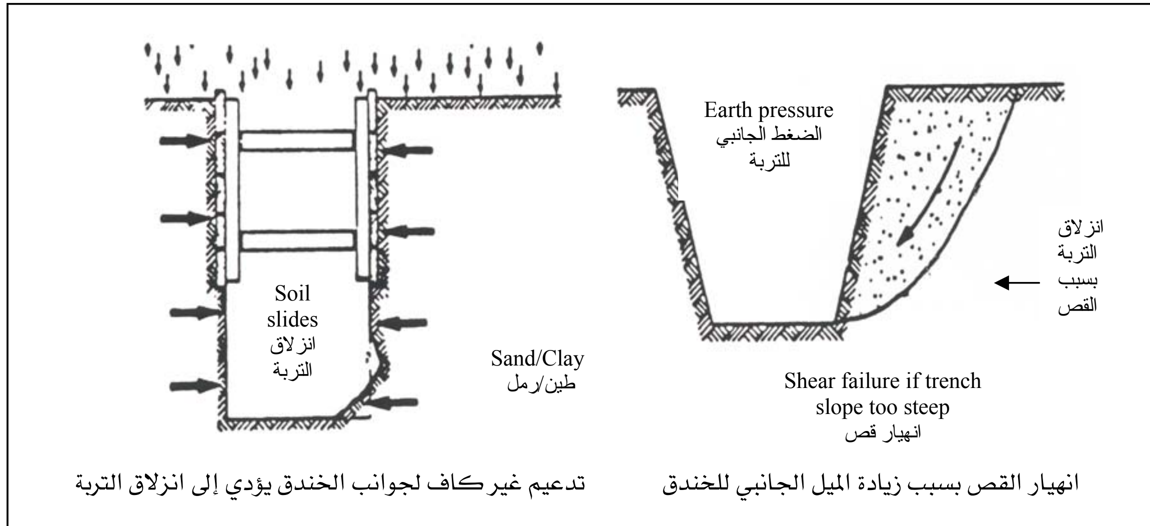
عندما يكون تمديد الخدمات على الطرق الواقعة داخل النطاق العمراني فلابد من ملاحظة أن المقطع العرضي للطرق يغطي كامل الحرم ففي هذه الحالة يتعذر تمديد المرافق في المسارات السريعة بالنسبة للطرق ويجب مراعاة عدم تمديدها في الطرق الرئيسية مع محاولة إيجاد خيارات أخرى مثل

استخدام شوارع فرعية موازية أو مرتبطة بالطرق الرئيسية وإذا تعذر ذلك فمن الممكن تمديد هذه المرافق في طرق الخدمة الموازية للطرق السريعة .

٢ -٢ -٦ سند جوانب الحفر

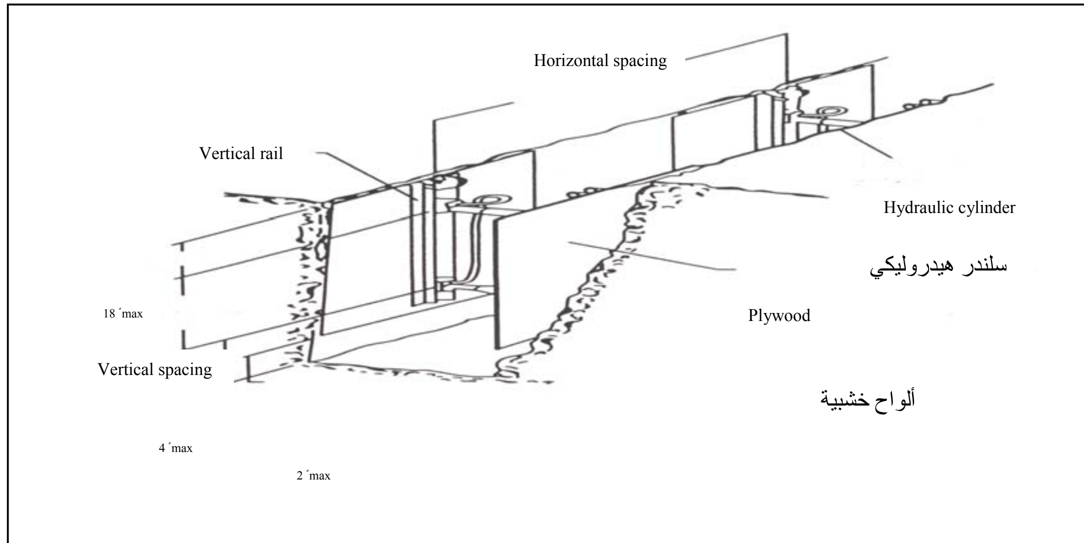
أعمال الحفر في الأعماق الكبيرة أو في التربة غير المتماسكة مثل الرمل تستدعي هذه الظروف سنداً لجوانب الحفر حتى لا يحدث انهيار للحفر أثناء العمل . وفي حالة إنشاء خنادق الأنابيب يكون عرض الحفر ضيقاً ومحدداً وبالتالي لا يمكن زيادة العرض للخندق حتى لا نسمح للأتربة بدرجة الميل الكافية لعدم حدوث الانهيار وفي هذه الحالة لابد أن يكون الحفر رأسياً بكامل عمق الخندق وهذا الأمر لا يمكن فيه أن تستمر جوانب الخندق من الانهيار .

والشكل رقم (٢ - ١٠) يبين انهيار القص بسبب أن الميل الجانبي حاد وكذلك التدعيم غير الكافي لجوانب الخندق مما يؤدي في الحالتين إلى انزلاق التربة .

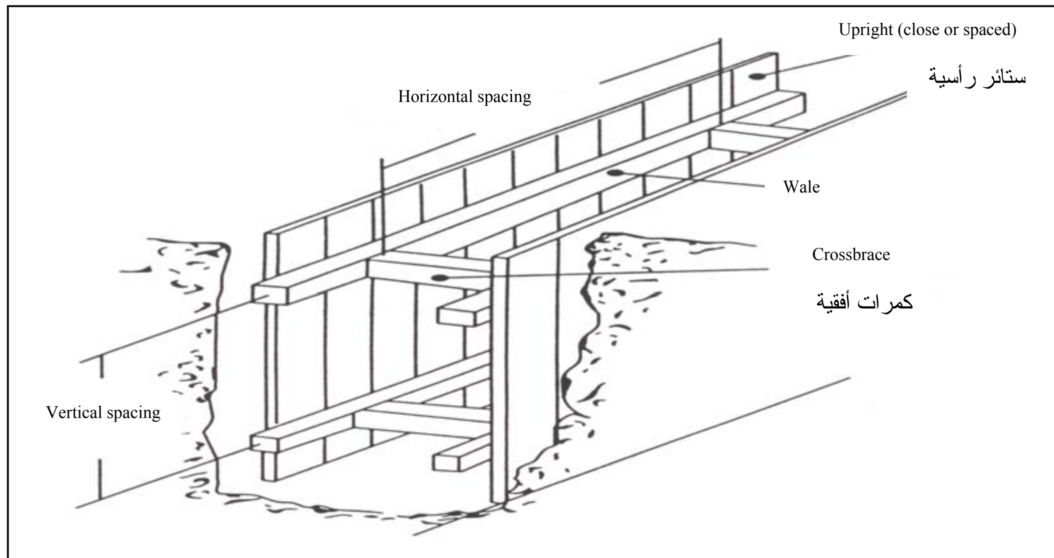


الشكل رقم (٢ - ١٠) انهيار القص بسبب أن الميل الجانبى

ويبين الشكل رقم (٢ - ١١) ورقم (٢ - ١٢) الطريقة الصحيحة لتدعيم جوانب الحفر بالشكل الصحيح حتى لا يتسبب في أي انزلاقات في التربة من جوانب الحفر .



الشكل رقم (٢ - ١٢) سند جوانب الحفر بواسطة ألواح الخشب مسنودة بنظام سلندرات هيدروليكية مرتكزة على كمرات



الشكل رقم (٢ - ١١)

سند جوانب الحفر بواسطة ستائر رأسية مرتكزة على كمرات أفقية

وهناك طريقتان رئيسيتان لسند جوانب الحفر هما :

أ) طريقة سند بألواح أفقية مرتكزة على كمرات رأسية ثم على ركائز أو عارضات أفقية عمودية عليها .

ب) طريقة السند بستائر رأسية مرتكزة على كمرات أفقية على ركائز أو عارضات أفقية عمودية عليها .

وتستخدم في كلتا الطريقتين الأخشاب أو الحديد أو كلاهما معاً حسب عمق الحفر التصميمي ، وتعتمد هاتان الطريقتان على نوعية التربة التي نقوم بسند جوانبها وهناك تربة غير متماسكة ومتفككة كالتربة الرملية يلزمها التدعيم وسند جوانب الحفر بأقوى الأساليب المتبعة وهناك تربة متماسكة مع بعضها وقوة تماسكها عالية كالتربة الطينية لها القدرة على تماسك جزيئاتها دون انهيار لأعماق معينة لذلك تستخدم أخف الطرق لسند جوانبها .

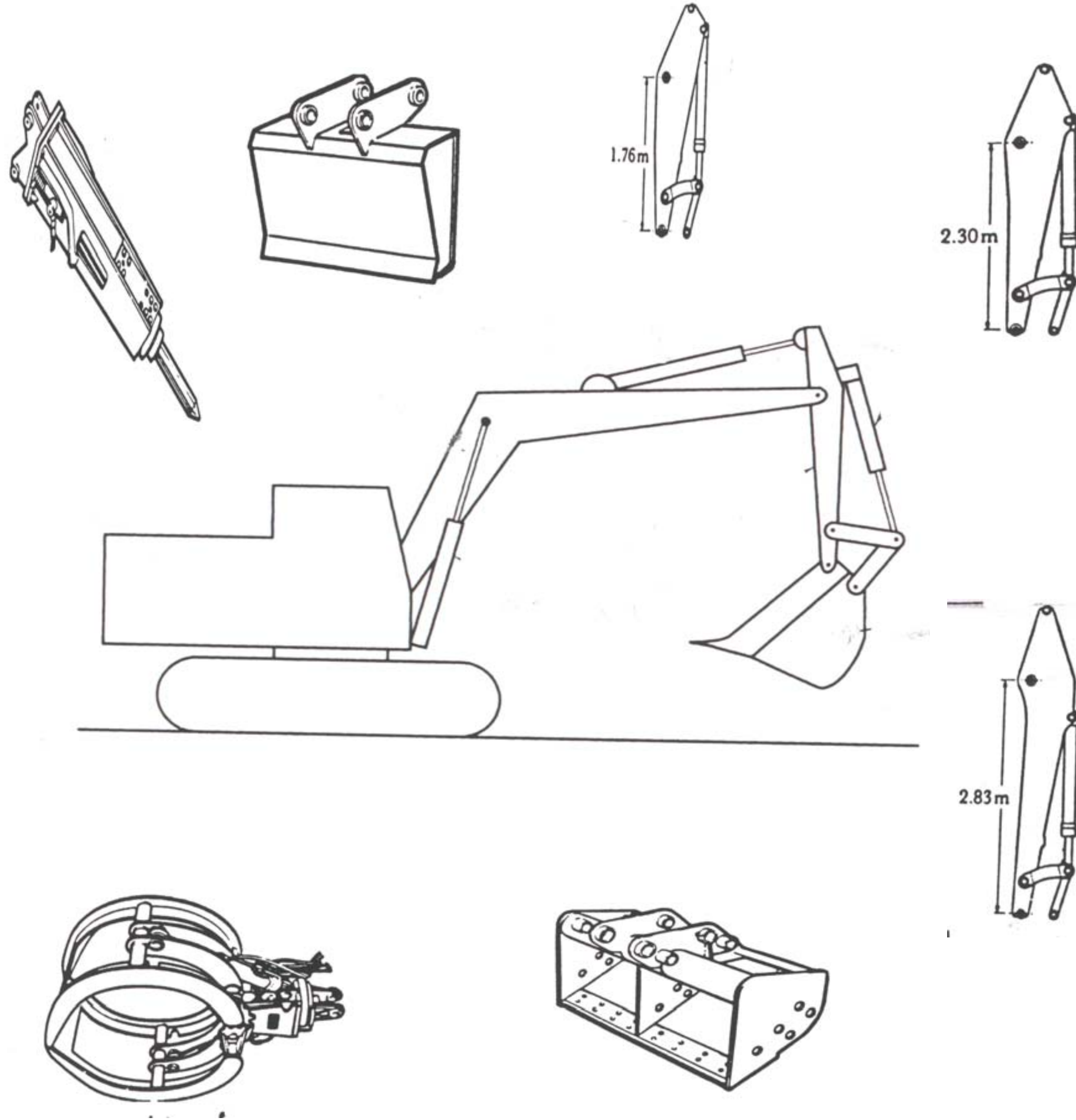
٢ -٢ -٧ المعدات المستخدمة في أعمال الحفر.

تعتمد أعمال الحفر في إتمامها بالشكل المطلوب والمواصفات المعتمدة اعتماداً كلياً على المعدات المخصصة لها ، فتتيح هذه المعدات السهولة والسرعة في إتمام العمل . ولكل نوع من التربة أو الصخور معدات خاصة لأعمال الحفر بها وتجهيزها بالشكل المطلوب . أما عدد هذه المعدات فيتوقف على حجم المشروع والظروف المحيطة به ولا ننسى هنا مهارة سائق هذه المعدة الذي سينعكس أداؤه على إنجاز المعدة نفسها من حيث الكمية أو الجودة . ولكن هذا لا يمنع من التخطيط المسبق للتنفيذ من حيث عدد المعدات ونوعيتها حتى يمكن أن ينتهي المشروع في الوقت المطلوب وبالشكل المطلوب أيضاً .

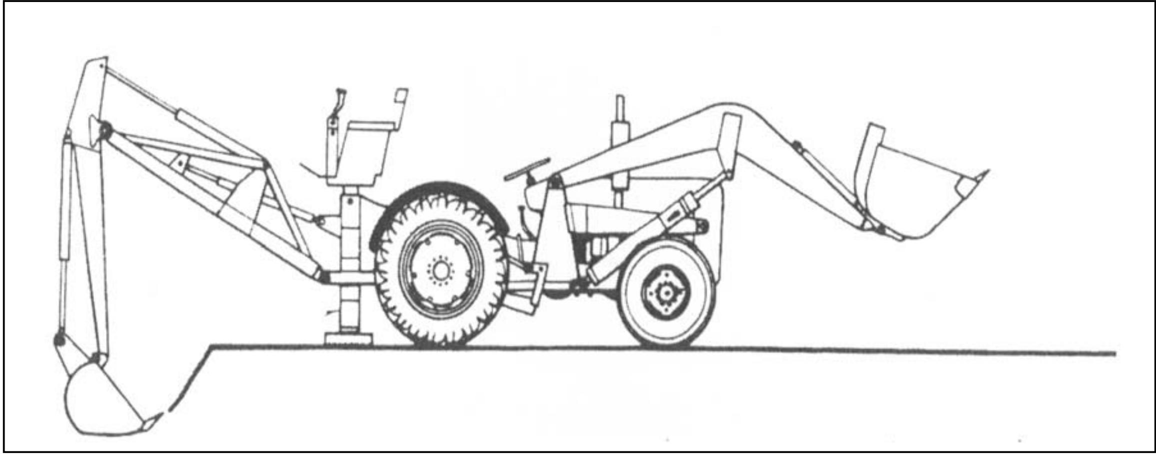
وهناك عدة أنواع من المعدات المستخدمة في عمليات الحفر نذكر منها ما يلي :

١) الحفارات

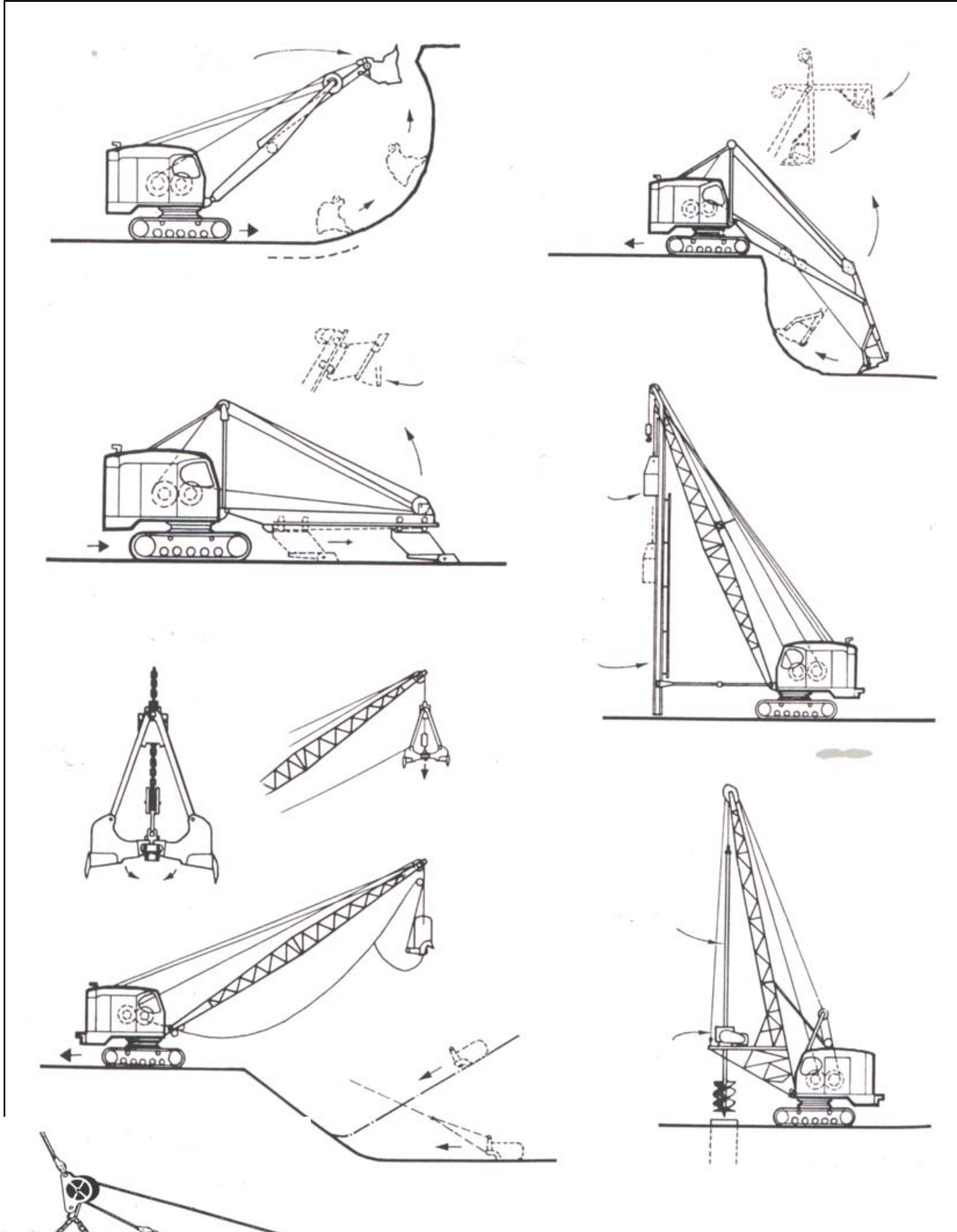
يستخدم هذا النوع من المعدات لقطع الخنادق المفتوحة في الطرق لتمديد الخدمات فيها ، وكذلك تستخدم لعمل وتشكيل الميول الجانبية لتلك الخنادق ، ويتميز هذا النوع من المعدات بأنه يقطع التربة بشكل منتظم ولا يحتاج بعده لمزيد من التشطيب والتسوية ويراعى عند تشغيل الحفار في التربة التي تحتوي على أحجار قدرة هذه المعدة على حملها وعلى أن لا تزيد حجم القطعة منها عن ربع الرأس المستخدم للمعدة .ولابد من التنويه هنا إلى أنه توجد أنواع كثيرة جداً ومتطورة من الحفارات بحيث إن المعدة الواحدة تقوم بالعديد من الأغراض بواسطة تغيير الرأس العاملة فيها ليتناسب مع الغرض الذي تعمل من أجله وأيضاً حسب نوعية التربة الموجودة بالموقع .



الشكل رقم (٢ - ١٣) مجموعة من الرؤوس
التي يمكن تركيبها على الحفار



الشكل رقم (٢ - ١٤) حفار وحمال



الشكل رقم (٢ - ١٥) طريقة عمل الحفارات

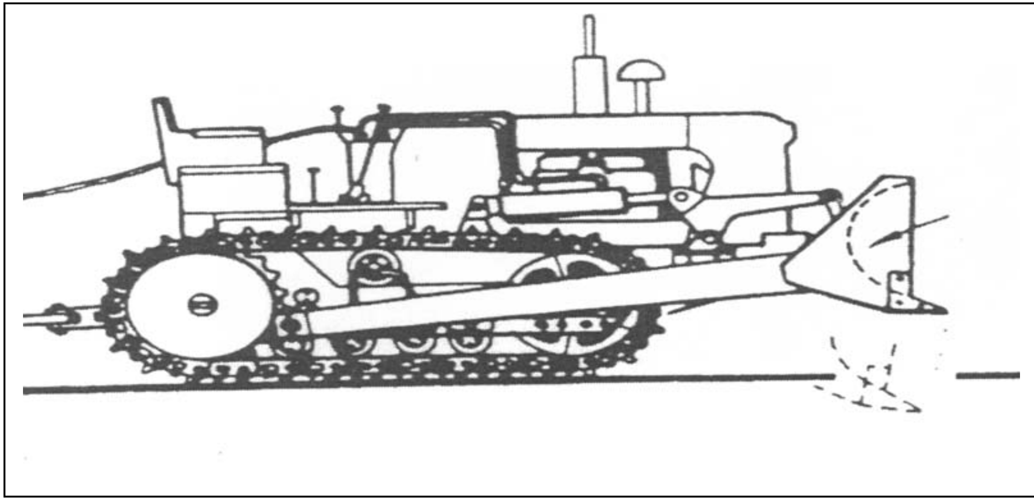




الشكل رقم (٢ - ١٦) طريقة عمل الحفار (البكلين)

٢) البلدوزرات

يعتبر البلدوزر من المعدات التي تستخدم في المراحل الأولية لإنشاء الطرق وهي تستخدم لإخلاء مسار الطريق من الأعشاب والشجيرات الصغيرة ولحفر وإزاحة التربة وتكويمها ولردم الحفريات وتسوية التربة المتكونة والناتجة من عملية الحفر . كما يمكن للبلدوزرات أن تخدم في أعمال ثانوية مثل إخلاء وتجهيز الطرق أمام الكاشطات والعربات القلابة ومساعدة الكاشطات وجرها عندما تكون ممتلئة وتجد صعوبة في الحركة .



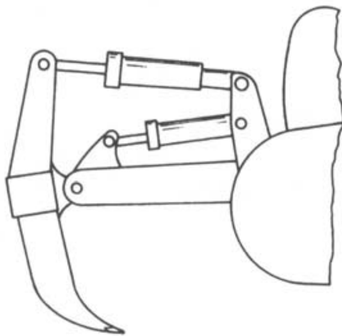
الشكل رقم (٢ - ١٧) البلدوزر

وهناك عدة طرق لتصنيف البلدوزرات وهي كما يلي :

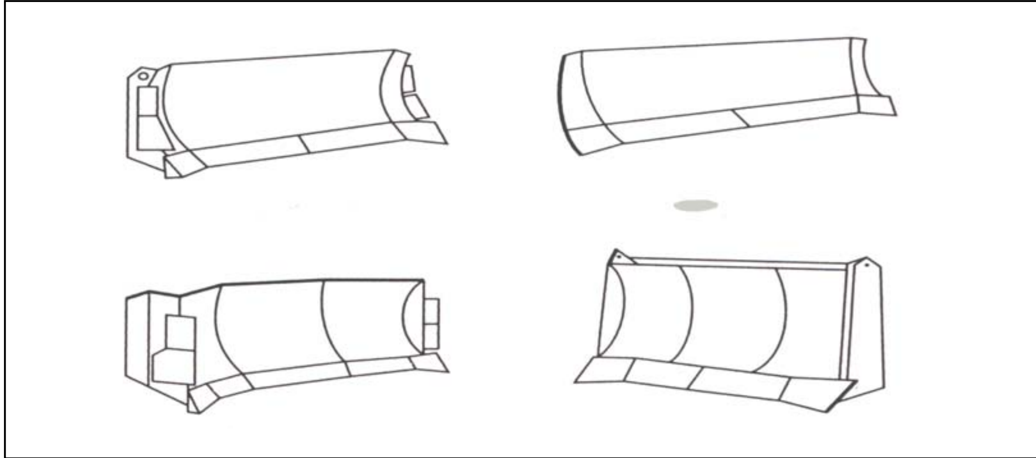
١_ من حيث تركيب السلاح " السكينة " .

٢_ من حيث وسيلة التحكم في السكينة .

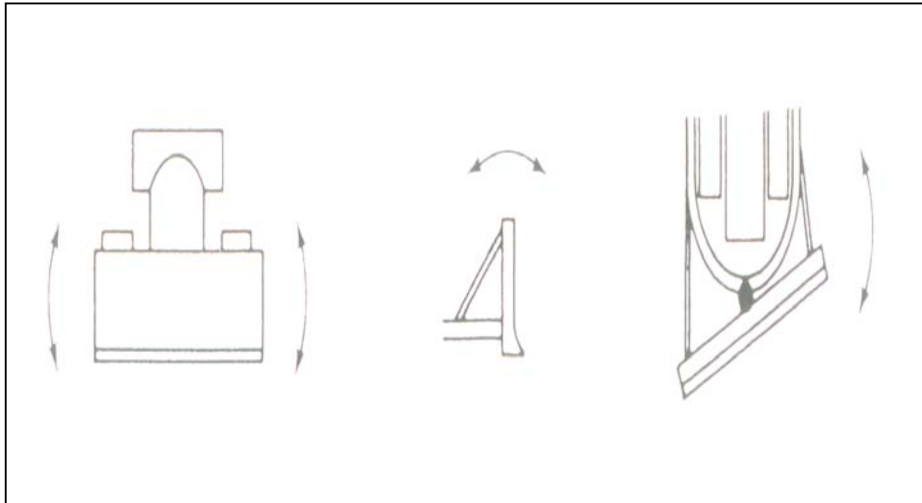
٣_ من حيث آلية السير للجرار .



الشكل رقم (٢ - ١٨) يوضح السلاح الخلفي للبلدوزر



الشكل رقم (٢ - ١٩) أنواع السلاح الأمامي في البلدوزر



الشكل رقم (٢ - ٢٠) توضيح لحركة سلاح البلدوزر



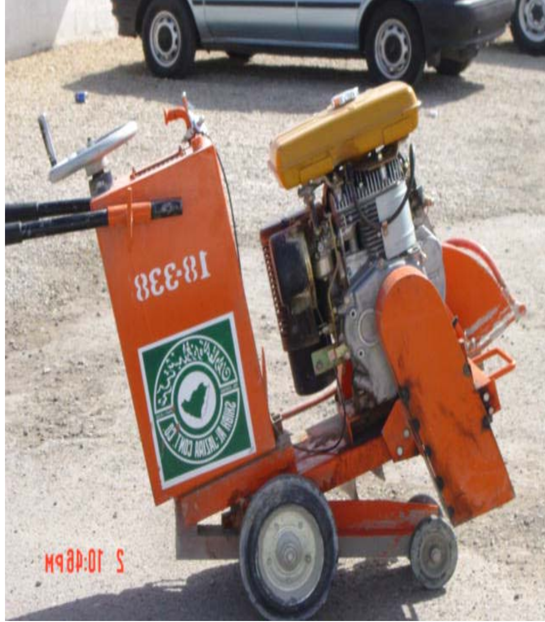


الشكل رقم (٢ - ٢١)

طريقة استخدام السلاح الأمامي والسلاح الخلفي للبلدوزر في حرث الأرض

٣) مقص الإسفلت " منشار الإسفلت "

يستخدم المنشار الآلي لقطع طبقات الإسفلت والخرسانة ، وهو مزود بشفرة ماسية ويشغّل عادة بواسطة شخص واحد ، وهذه المعدة عبارة عن وحدة مركّبة على منصة ولها شفرة دائرية من الماس للقطع ، وتستخدم هذه المعدة بشكل أساسي لتأمين قطع رأسي بعمق وعرض منتظم في طبقات الإسفلت والخرسانة ، ويتميز هذا المنشار الآلي بالسرعة بالمقارنة مع بقية آلات القطع ويوصى به عند الحاجة لإزالة مساحات واسعة من الإسفلت أو الخرسانة . ويبين الشكل رقم (٢ - ٢٢) نموذجاً لهذه المعدة .



الإسفلت (منشار الإسفلت)

٤) الكاشطات (سكربير) **Scrapers**

صممت هذه المعدات لقطع التربة طبقة بعد طبقة ونقلها وتفريغها في أماكن الردم ومن ثم تسويتها ويمكن للكاشطات العمل في أنواع عديدة من التربة الطينية والرملية غير أنها في حالة التربة الطينية تعمل بكفاءة أقل حيث إن التربة في هذه الحالة تلتصق بجدران وأطراف السلاح وتتسبب في إغلاقه كما أن الرمال الناعمة الجافة لا تملأ الرأس بالكامل .

وتعمل الكاشطة بأقصى كفاءة لها في التربة الرملية الرطبة والجيرية والحجرية الرفيعة . ولا تستعمل الكاشطات في التربة الحجرية التي تحوي أحجاماً ضخمة من الأحجار مباشرة حيث يلزم أولاً حرث وتقليب تلك التربة .

ويتم تصنيف الكاشطات كالتالي :

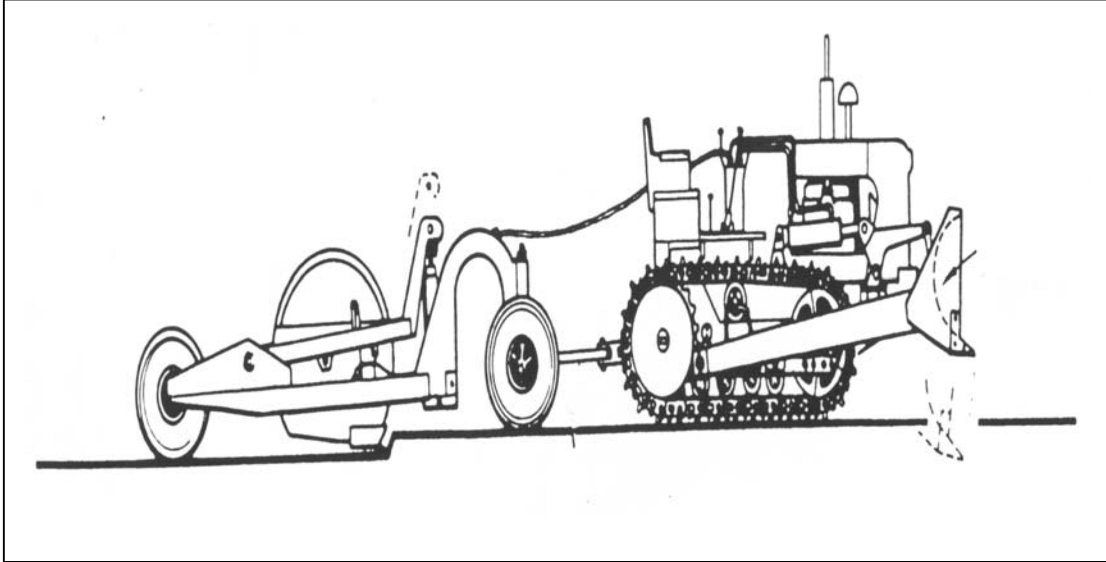
أولاً _ من حيث سعة السطل .

ثانياً_ من حيث آلية السير (مقطورة _ شبه مقطورة _ دانية الحركة) .

ثالثاً_ من حيث طريقة تفريغ الرأس (آلية _ نصف آلية) .

رابعاً_ من حيث وسيلة التحكم في الرأس (إما بواسطة الحبال أو هيدروليكياً وهي الأفضل).

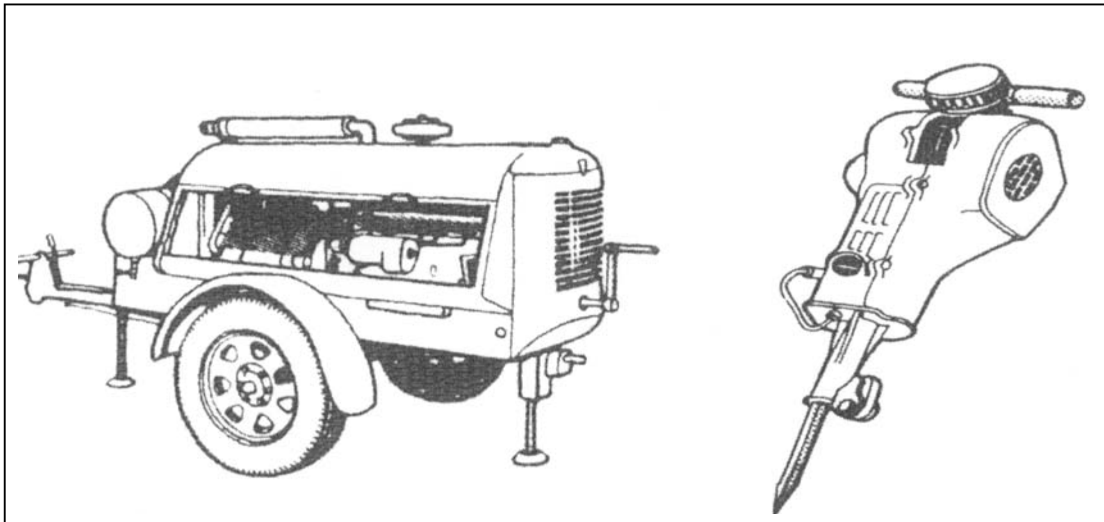
والشكل رقم (٢ - ٢٣) يوضح نموذجاً لهذه المعدة .



الشكل رقم (٢ - ٢٣) طريقة عمل الكاشطات (السكريبر)

٥) الضاغط الهوائي (الكمبروسر)

يعتبر الضاغط الهوائي الكمبروسر من المعدات الميكانيكية اليدوية التي تستخدم في المساحات الصغيرة ولقطع وإزالة الإسفلت كما يستخدم في كسر وإزالة بعض الخرسانة المطلوب إزالتها وكما يستخدم في تكسير وتفتيت الصخور في بعض المناطق التي لا يمكن الوصول معدات الحفر الكبيرة إليها .



الشكل رقم (٢ - ٢٤) : الضاغط الهوائى (الكمبروسر)





الشكل رقم (٢ - ٢٥)

طريقة عمل الضاغط الهوائي (الكمبروسر)

٦) معدات الثقب الأفقي

أثناء عملية الثقب الأفقي تستخدم عدة أنواع من المعدات ومن أهمها :

١) مطرقة قراندومات .

٢) مطرقة ترانډورام .

٣) آلة المثقاب .

٤) آلة دفع الأنابيب .

ويعتمد اختيار المعدة على نوع الخدمة واتجاهها بالنسبة للطريق وتعتبر الظروف الطبيعية والناحية الفنية والاقتصادية من الأمور التي لها دور كبير في ذلك . وتم الإشارة لهذه المعدات وأشكالها في طرق الثقب الأفقي لتمديد الخدمات .

٢ -٣ أعمال الردم

تمثل أعمال الردم الجزء الأهم تقريباً من أجزاء الأعمال المدنية في الطرق أو التمديدات ، فيتم التحكم في رفع منسوب الطريق بواسطة عمليات الردم وكذلك في إنشاء طبقات جسم الطريق. أما في تمديدات الخدمات تحت الطرق فيتم إعادة ردم الخندق الذي حفر من أجل هذا الغرض بنفس الشروط والمواصفات التي أنشئ بها الطريق .

٢ -٣ -١ أعمال الردم في الطرق

وسنتحدث بشيء من الإيجاز عن هذه الأعمال في الطرق وسيتم التفصيل عن ذلك في منهج الصف الثاني بإذن الله عند الحديث عن طبقات الرصف المرن .

كانت الطرق في السابق تنشأ بكامل ارتفاعها على دفعة واحدة بحيث توضع التربة في الموقع المراد إنشاء الطريق فيه ثم تخلط بالماء وتفرد وتدك مما يتسبب في هبوط كثير من الطرق مع الزمن . غير أنه وجد فيما بعد أنه يمكن زيادة متانة الطرق إذا تم إنشاؤها على طبقات متوالية مع دمك كل طبقة على حدة عند نسبة الرطوبة المطلوبة مما أدى إلى انتظام الهبوط الذي يحدث على عكس النتائج من إنشاء الردميات على طبقة سميكة واحدة .ولا ننسى أهمية دور الإشراف للحصول على أفضل النتائج فلابد من ملاحظة العمل أثناء مراحله إبتداءً من جلب المواد أو خلطها بالماء أو فردها أو دمكها وحتى الوصول إلى الكثافة المطلوبة .

٢ -٣ -١ -١ خصائص تربة الردم في الطرق

لابد من توافر بعض الشروط في التربة المستخدمة في الردم للوصول إلى أفضل النتائج وأفضل أداء لجسم الطريق وهي كالتالي :

١) أن تكون خالية من المواد العضوية والأعشاب والمواد الغريبة الضارة .

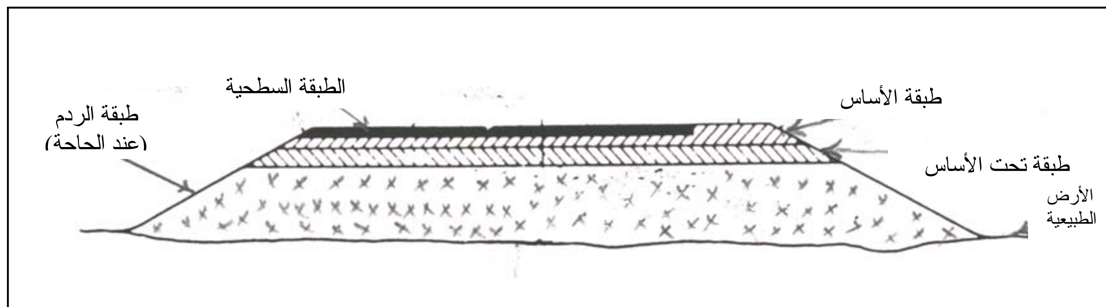
٢) لابد من وجود قوى تماسك وقوى احتكاك كبيرين بين حبيباتها لضمان ثباتها ولا تكون عرضة للانزلاق أو النخر بفعل مياه الأمطار .

٣) إمكانية الوصول للكثافة المطلوبة بعد الدمك .

٤) قلة القابلية للانضغاط بعد المرور عليها مما يؤدي إلى هبوط سطح الطريق .

٢ -٣ -١ -٢ التحكم في إنشاء طبقات الردم في الطرق

للتحكم في إنشاء جسر الطريق والوصول إلى نتائج أفضل لابد من تحديد نسبة الحد الأدنى من الكثافة المطلوبة بحيث تجرى اختبارات حقلية لتحديد الكثافة للتأكد من الوصول إلى النسبة المطلوبة وإلا يعاد رش الماء ومن ثم الدمك مرة أخرى حتى الوصول إلى الحد الأدنى المطلوب مع اختيار نوع الرصاصة المناسبة المستخدمة لذلك .وقد يبدو لنا أن هذه العملية من السهولة بمكان ! وقد يكون كذلك ، ولكن هناك العديد من المشكلات التي تواجه المهندس عند التنفيذ ، ومن هذه المشاكل مثلاً عملية التحكم في نسبة الرطوبة وترجع المشكلة هنا إلى أسباب عدة منها اختلاف نسبة الرطوبة الأصلية في التربة من مكان إلى آخر ، وصعوبة توزيع الماء بالتساوي عند خلط التربة ، كذلك احتمال تبخر الماء أو هطول الأمطار عليه أثناء الإنشاء ، وقد تكون المشكلة متعلقة بالكلفة الاقتصادية لجلب المواد ناهيك عن المشاكل التي تحصل بسبب الخواص الفردية لحبيبات التربة المستخدمة .



الشكل رقم (٢ - ٢٦) قطاع الطريق في حالة الردم

٢ -٣ -١ -٣ أنواع التربة المستخدمة لردم الطرق

١) تربة ناتجة من أعمال الحفر في المناطق السابقة أو اللاحقة للأجزاء من الطريق المراد قطعها ولكن بشرط تحقيق الشروط السابق ذكرها لإستخدامها في الردم .

٢) تربة تجلب من خارج موقع الطريق وتكون من المناطق المجاورة وذلك في حالة عدم صلاحية التربة الناتجة من أعمال الحفر .

ولابد من التنبيه هنا إلى أهمية أخذ الناحية الاقتصادية والظروف المكانية في الاعتبار .

كما أنه في حالة أخذ مواد الردم من خارج موقع الطريق فإنه يتوجب على المقاول تسوية الأماكن التي استعار منها هذه المواد (والتي تسمى **بحفر الاستعارة**) وتهذيبها حتى لا تكوِّن حفراً أو خنادق وتصبح سبباً في حصول حوادث أو تكون مكاناً لتجميع مياه الأمطار فيها . ويبين الشكل رقم (٢ - ٢٦) قطاع الطريق في حالة الردم .

٢ -٣ -٢ أعمال الردم اللازمة للخنادق المفتوحة لتمديد الخدمات

بعد توقيع خط الأنابيب بالخندق كما سيأتي في تمديدات الأنابيب يبقى اختيار أفضل أنواع التربة المستخدمة في الردم والتي يجب أن يتوفر بها ما يلي :

أ) أن تكون تربة الردم نظيفة خالية من المواد العضوية الضارة والأعشاب .

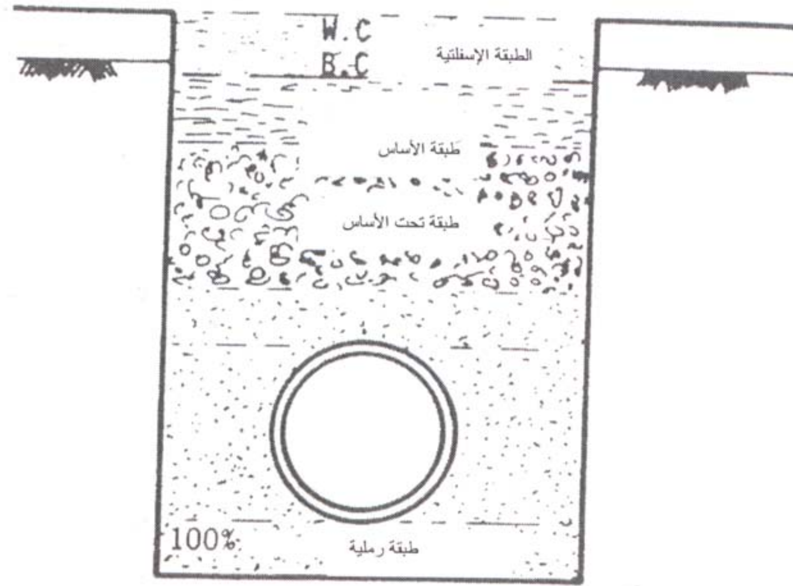
ب) توافر خاصية التماسك بين حبيبات التربة .

جـ) تربة غير قابلة للانضغاط .

د) الوصول بتربة الردم إلى أكبر كثافة مطلوبة بالدك .

هـ) توافر التدرج الحبيبي اللازم لتربة الردم كما بالمواصفات . .

ويتم الردم للخنادق على طبقات كل طبقة لا يزيد عمقها عن ٢٠ سم قبل إجراء أعمال الدك المطلوبة للوصول إلى الكثافة القصوى . ويحتاج الأمر إلى ترطيب التربة بالماء بنسبة معينة تحددها المواصفات الخاصة بالمشروع . وهذه النسبة من الرطوبة تساعد للوصول بتربة الردم إلى أعلى كثافة ممكنة بالدك . والمعروف أن هذه الرطوبة المطلوبة هي نسبة الرطوبة التي تضاف إلى التربة للوصول بها إلى الكثافة القصوى الجافة بالمختبر . وعند الردم يراعى أن يترك السمك المناسب للطبقة السطحية للإسفلت . و الشكل رقم (٢ - ٢٧) يوضح مقطعاً عرضياً للخندق بعد تمديد الأنابيب فيه كما يوضح كيفية وضع الرمل من حوله ويوضح طبقة الردم أعلاه وطبقة الإسفلت.



الشكل رقم (٢ - ٢٧) مقطع عرضي للخندق بعد تمديد الأنابيب

ويستخدم لدك الأعمال لتربة الردم أنواع عديدة من الهراسات (الرصاصات) والتي تعتمد على وزنها وعلى مقدار ما تفعله من هزات ميكانيكية تساعد في عملية الدك . كما تستخدم الفرادات التي تقوم بالردم على طبقات وتعمل على تقليب تربة الردم أثناء القيام بها . **ويمكن تلخيص خطوات إعادة ردم الخنادق والمعدات المستخدمة في الخطوات التالية :**

أ) لابد من وضع طبقة من الرمل تحت وحول الأنابيب لضمان سلامته من الكسر.

ب) اختيار التربة المناسبة للردم وذلك بعمل الاختبارات المعملية المناسبة القياسية .

جـ) يتم إضافة الماء على التربة بنسبة مناسبة ومن ثم خلطها خارج الخندق .

د) فرد التربة داخل الخندق بواسطة الجريدر أو باستخدام الشيول مع استخدام الشوك والجواريف بسمك ٢٠ سم للطبقة الواحدة .

هـ) إجراء عملية الدك بواسطة أحد أنواع الرصاصات التي يوافق عليها المهندس مع مراعاة أن عرض عجلة الرصاص يكون أقل من عرض الخندق .

و) تكرر عملية إضافة التربة والترطيب والدك حتى الوصول إلى منسوب طبقة الأساس للطريق مع ترك سمك الطبقة السطحية لوضع طبقة الرصف الإسفلتية .

ز) لابد من أخذ العينات من كل طبقة لتعيين الكثافة الحقلية لها وتقارن بالكثافة القصوى التي سبق تعينها لتربة الردم بالمختبر . ويكون مقدار الكثافة الحقلية مساوياً للكثافة القصوى أو أقل منها بمقدار ٥٪ إلى١٠٪ حسب ما هو منصوص عليه في المواصفات المشروع . والشكل رقم (٢ - ٢٨) يبين أحد الرصاصات المستخدمة لدك تربة ردم الخندق .



الشكل رقم (٢ - ٢٨)

٢ -٣ -٣ تثبيت التربة

تتحسن مقاومة التربة وثباتها بواسطة الدمك ، ولكن هذه المقاومة الإضافية الحاصلة قد تكون لأغراض معينة غير كافية أو غير مناسبة . لذا يلجأ في بعض الأحيان إلى **عملية تهدف إلى تحسين أو زيادة كفاءة التربة للتحمل تحت الظروف المختلفة** . وهذا ما يعرف بعملية تثبيت التربة. وتتم بعدة طرق نذكر منها ما يلي:

٢ -٣ -٣ -١ التثبيت الميكانيكي

المقصود به تحسين تدرج التربة وذلك بخلطها مع التدرج المفقود منها . بمعنى إذا كانت التربة تفتقر إلى المواد الناعمة يتم تحسين تدرجها بإضافة نسبة معقولة من المواد الخشنة إليها. للحصول على تربة تنطبق عليها الشروط والمتطلبات .

٢ -٣ -٣ -٢ التثبيت بالإسمنت

أصبح من الشائع جداً استخدام الإسمنت البورتلاندي في تثبيت التربة . والتربة الإسمنت ية هي خليط من التربة والإسمنت البورتلاندي تدمك وتعالج بالماء لضمان إماهة الإسمنت ، وهي تشكل أساساً قوياً مستقراً لا يتأثر بتغيرات الرطوبة أو الحرارة . وللإسمنت تأثير مزدوج على التربة :

الأول – يزيد التماسك بين حبيبات التربة .

الثاني – يؤثر كيميائياً على الطين بحيث يقلل من شراهته للماء .

كما أنه بالامكان استخدام طريقة التثبيت بالإسمنت مع جميع أنواع التربة سواء كانت ناعمة أو مواد خشنة ولكن مع أخذ الجانب الاقتصادي في الاعتبار بمعنى أن هناك أنواعاً من التربة يتطلب عند تثبيتها إضافة كمية كبيرة من الإسمنت قد تصل إلى ٣٠٪ وهذا يعتبر مكلفاً جداً .

وتتلخص عملية الإنشاء على النحو التالي :

١) إعداد سطح الطريق للتربة الأصلية من ناحية التسوية والميول .
٢) تفكيك التربة المراد معالجتها .
٣) إضافة الإسمنت الجاف مع الخلط على الناشف .
٤) رش كمية المياه المطلوبة على الخليط .
٥) فرد الخليط بالمعدات المخصصة لذلك بالسمك المطلوب .
٦) تدمك الطبقة بواسطة الرصاصات المخصصة لذلك .
٧) تعالج الطبقة بتغطيتها بتربة مبللة أو يوضع طبقة من البيتومين السائل على السطح .

وتتميز التربة المثبتة بالإسمنت بالمميزات التالية :

١) زيادة مقاومتها للشد والانحناء .
٢) يساعد على التصاق حبيبات التربة بعضها ببعض .
٣) يكسبها خاصية عدم النفاذية للماء بشكل ممتاز .

٢ -٣ -٣ -٣ التثبيت بالجير

استخدم الجير في عملية التثبيت قديماً فقد استخدمه الرومان كعامل مثبت في إنشاء الطرق ثم شاع استخدامه بعد الحرب العالمية الثانية . ولكن ليس مع كل أنواع التربة فهو يستخدم لتثبيت التربة

الناعمة أو الخشنة التي تحتوي على أنواع الطين الثقيلة . وغالباً ما يستخدم الجير المتكلس في صورة مسحوق أو محلول ويفضل عدم استخدام الجير الحي لخطورته .

وتتلخص عملية الإنشاء على النحو التالي :

١) إعداد سطح الطريق للتربة الأصلية من ناحية التسوية والميول .

٢) إعداد الطبقة المراد تثبيتها وذلك بحرثها أو تفتيتها .

٣) يضاف جزء من الجير إلى التربة ثم يرش بالماء .

٤) يخلط خلطاً جيداً .

٥) يترك الخليط يوماً ثم يضاف إليه باقي نسبة الجير مع الخلط ثم يرش بالماء .

٦) يتم فرده بالفرادات أو بواسطة الجريدرات ويدمك جيداً .

٧) يتم معالجته بالتربة المبللة أو برش طبقة من البيتومين عليه لمنع تبخر الماء.

وتتميز التربة المثبتة بالجير بما يلي :

١) قوة تحمل عالية .

٢) تقليل قابلية التربة للتغيرات الحجمية .

٣) سهولة الاستخدام .

٢ -٣ -٣ - ٤ التثبيت بالبيتومين

يمكن استخدام البيتومين السائل بنجاح في تثبيت التربة وخاصة لطبقات الأساس للطرق ذات الحركة الخفيفة . مع ملاحظة أن إمكانية استخدامه قد تكون محصورة مع التربة المفككة مثل التربة الرملية أو البحص المخلوط بالرمل لصعوبة خلط البيتومين مع المواد المتماسكة أو الناعمة.

وتتلخص عملية الإنشاء على النحو التالي :

١) إعداد سطح الطريق للتربة الأصلية من ناحية التسوية والميول .

٣) تفكيك التربة المراد معالجتها .

٤) إضافة الماء إلى الطبقة المراد تثبيتها وتخلط جيداً وتترك لتجف وتصبح نسبة الرطوبة فيها قليلة نسبياً .

٥) يضاف البيتومين السائل بالنسبة المحددة ثم تخلط .

٦) فرد الخليط بالمعدات المخصصة لذلك بالسمك المطلوب .

٧) تدمك الطبقة بواسطة الرصاصات المخصصة لذلك .

وتتميز التربة المثبتة بالبيتومين بما يلي :

١) زيادة التماسك بين الحبيبات وبالتالي زيادة الثبات وقوة التحمل .

٢) قلة نفاذية الماء من خلالها .

٢ -٣ -٤ القص والانزلاقات للميول الجانبية

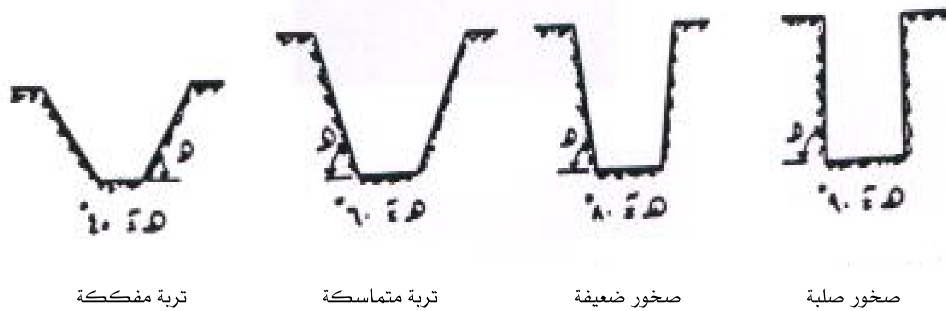
من المعروف أن الميول الجانبية للحفر أكبر من الميل الطبيعي لسطح الأرض . وأما في الردميات فيعمل على أن يكون الميل الجانبي للردمية أكبر قدر الامكان وذلك للتقليل كمية التربة المستخدمة في الردم . ولكن في كلتا الحالتين قد يحدث قص لهذه الميول ويتم انزلاقه سواء أثناء فترة الإنشاء أو بعد فتح الطريق للمرور .

وهناك أسباب عديدة تسبب مثل هذه الانزلاقات ، من أهمها ما يلي :

١) قلة مقاومة التربة المكونة للطبقات لقوى القص .

٢) تنفيذ الميل بشكل حاد لدرجة كبيرة مع زيادة الارتفاعات للطبقات .

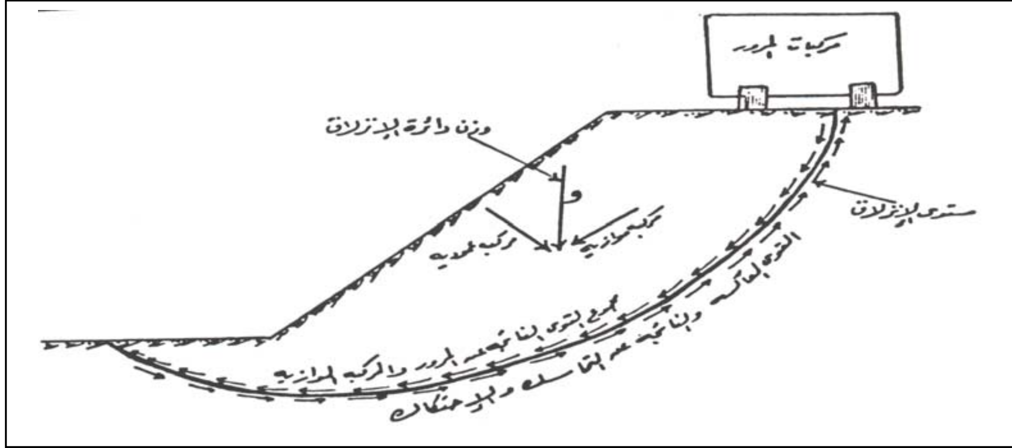
٣) تنفيذ الميل بزاوية لا تتوافق مع نوع التربة المكونة للطبقات ، كما في الشكل رقم (٢ - ٢٩) الذي يوض



الشكل رقم (٢ - ٢٩) أنواع التربة وزاوية الميل

٤) زيادة وزن المركبات عن مقاومة التربة للقص .
٥) الحركة الناتجة عن ضغط المياه الجوفية بحيث لو ارتفع منسوبها فإنها سوف تقلل من مقاومة التربة للقص وبالتالي يقل ثبات واستقرار الميل الجانبي .
٦) عدم مطابقة المواصفات والتصاميم الخاصة بالطريق .

وغالباً ما تكون انهيارات الميول على شكل دائري أو ما يسمى (**بمستوى الانزلاق**) ، كما في الشكل رقم (٢ - ٣٠) .



الشكل رقم (٢ - ٣٠) توضيح لمستوى الانزلاق

ويمكن علاج مثل هذه الانزلاقات بما يأتي :

١) استخدام وسائل الصرف المختلفة التي تحول دون وصول المياه الجوفية إلى المناطق الضعيفة .

٢) استخدام طريقة مناسبة لمعالجة التربة وجعلها غير قابلة لنفاذية المياه وذلك في حالة عند تأثر طبقات التربة بالمياه السطحية .

٣) بالنسبة للمواد الجافة فهناك عدة حلول تمنع تلك الانزلاقات **ونذكر منها :**

أ) بناء حوائط ساندة على جانب الطريق وفي نهاية الميل .

ب) تغطية الميول بشبكة من الحديد .

جـ) وضع حماية بطبقة من الخرسانة الإسمنت ية .

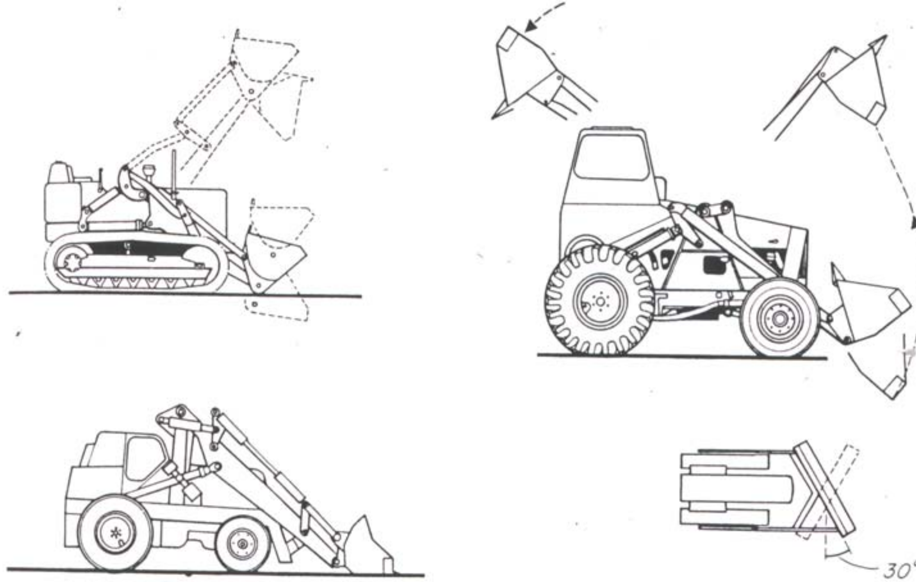
٢ - ٣ - ٥ المعدات المستخدمة في أعمال الردم

توجد أنواع عديدة من المعدات التي يمكن إستخدامها في أعمال الردم سواء في الطرق أو في ردم الخنادق المفتوحة بعد تمديد الخدمات فيها ، ويعتمد نجاح هذه الأعمال بدرجة كبيرة على هذه المعدات المستخدمة وحالتها وطريقة إستخدامها ، لذلك تتطلب المواصفات الخاصة بالمشاريع أن تكون المعدات في حالة ميكانيكية جيدة ومعايرة بشكل جيد وخالية من التآكل أو أي عيب آخر يؤثر على جودة ونوعية العمل . كما أنه من المفيد إجراء فحص دقيق قبل بداية التشغيل للتأكد من نظافة القطع ومعايرتها

لضمان أنها في حالة تشغيل عالية . ويتم اختيار المعدات لتنفيذ أعمال الردم بناء على ملاءمة ومقدرة المعدة على إنجاز العمل المقرر . وفيما يلي توضيح للمعدات الشائعة الاستخدام في أعمال الردم للطرق والتمديدات الصحية :

(أ) الحمّال الأمامي (الشيول – اللودر)

الحمّال (الشيول) هو مجراف مختلف السعة يستعمل لتحميل المواد في القلابات أو في ملء المواد داخل الخنادق ، ويعتبر الحمال من المعدات الهامة جداً في عمليات الردم بجميع أنواعها . وممكن أن تصنف الحمالات بحسب سعة مجرافها وحسب آلية السير فيها فهناك حمالات مجنزرة وهناك حمالات على الإطارات . كما أنه يعتبر من المعدات الثقيلة التي لها القدرة على المناورة . والشكل رقم (٢ - ٣١) يوضح أنواع الشيولات وكيفية التحكم في السلاح .



الشكل رقم (٢ - ٣١) أنواع الشيولات وكيفية التحكم في السلاح



الشكل رقم (٢ – ٣٢)

أحد أنواع الحمّالات (الشياول)

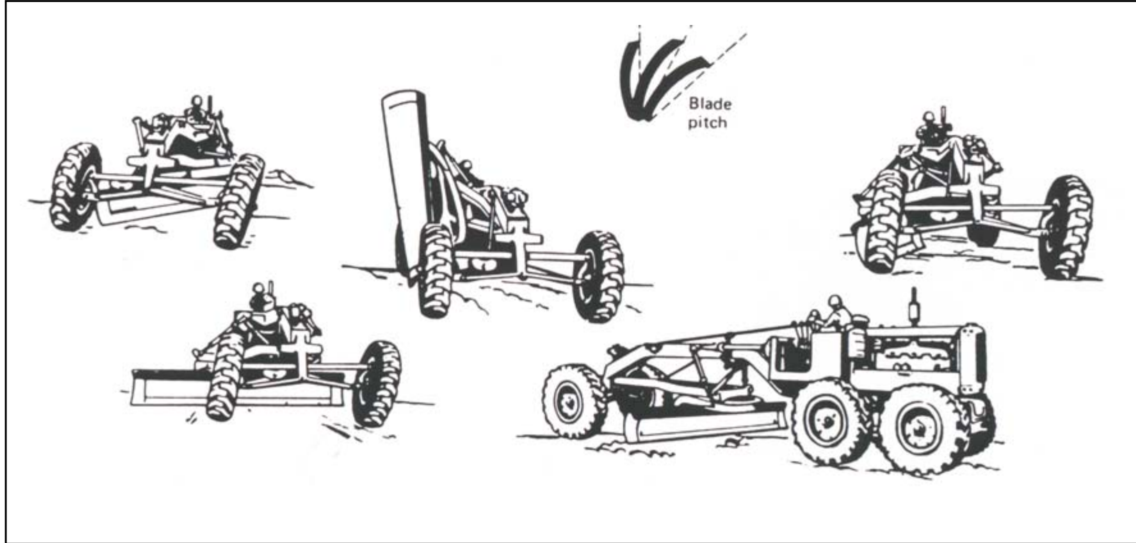
(ب) الجريدرات

تعتبر الجريدرات من المعدات الأساسية التي تستخدم في الأعمال المدنية وخاصة في أعمال الردم في الطرق أو في ردم الخنادق وتستخدم في عمليات تسوية وضبط منسوب الردميات بالشكل المطلوب كما تستخدم في تشكيل أسطح وجوانب التعليات والقطعيات وإعطائها الميل المطلوب . وهي من المعدات العظيمة النفع إذ يمكن ضبط السلاح في أي زاوية ميل . ويمكن تصنيفها من حيث آلية السير كالتالي :

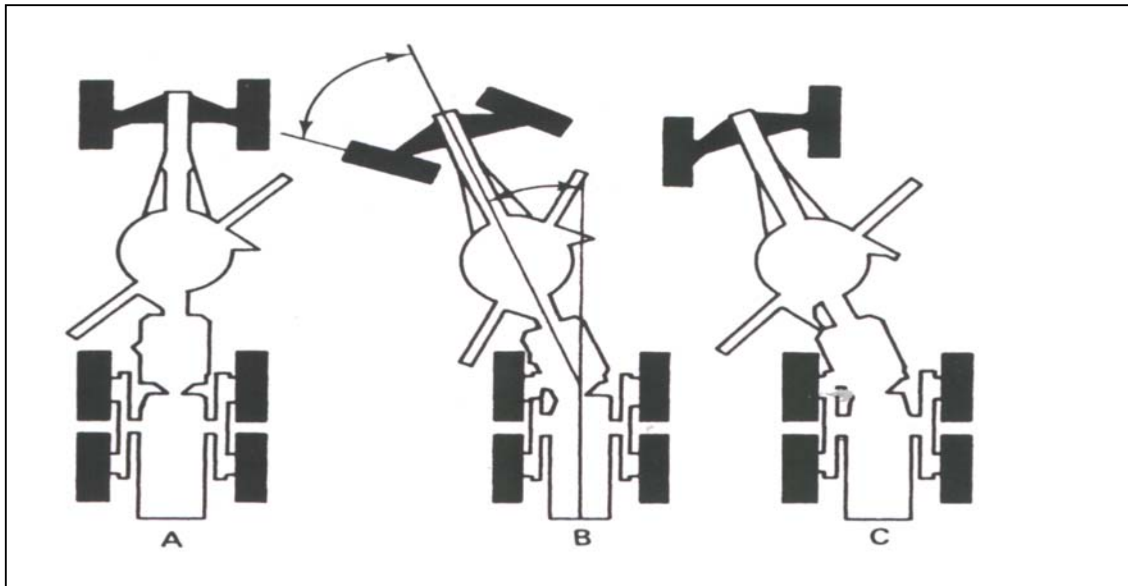
أ) ذات أربع عجلات (محور أو محوري تحكم) .

ب) ذات ست عجلات (محوري أو ثلاث محاور تحكم) .

كما يمكن تصنيفها أيضاً من حيث الوزن أو القدرة أو من حيث وسيلة التحكم بالسلاح والشكلان رقم (٢ - ٣٣) ورقم (٢ - ٣٤) يوضح كيفية التحكم في السلاح أو في الإطارات ، ولا ننسى هنا أن نذكر أن هذه المعدة تحتاج إلى سائق ذي مهارة عالية يمكنه التحكم فيها بشكل يضمن إعطاء العمل الجودة العالية وأن يضبط المناسيب كما هي محددة في مخططات المشروع .



الشكل رقم (٢ - ٣٣) طريقة التحكم في سلاح الجريدرات



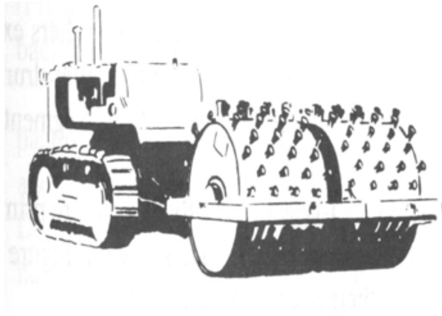
الشكل رقم (٢ - ٣٤) كيفية التحكم في السلاح والإطارات للجريدرات



الشكل رقم (٢ – ٣٥) يوضح طريقة عمل الجريدر

(ج) المداحل الاهتزازية الحديدية (الرصاصات)

تعتبر هذه المداحل (الرصاصات) من معدات الدك الممتازة حيث يمكن من خلالها الوصول إلى الكثافة المطلوبة لطبقات الرصف بسرعة وسهولة إذا استخدمت بصورة جيدة ، وهذا يتطلب فهماً جيداً للعوامل المؤثرة على الدك الاهتزازي لذا لابد من وجود خبرة كافية لدى السائق للتعامل معها وذلك للحصول على الكثافة المطلوبة وتتكون المدحلة من أسطوانة حديدية وإطارات مطاطية خلفية ، وتكون الأسطوانة ملساء أو ذات بروزات وهي ما ليس بمداحل حوافر الغنم والذي يستخدم في التربة الطينية الناعمة ، كما في الشكل رقم (٢ - ٣٦).







الشكل رقم (٢ - ٣٦)

المداحل الاهتزازية الحديدية (الرصاصات)

(د) المداحل الاهتزازية الحديدية اليدوية

تستخدم هذه الأنواع في الدمك التربة أو الإسفلت في المناطق التي لا يمكن استخدام الرصاصات الكبيرة فيها . وتشغّل بواسطة شخص واحد وهي مركبة على منصة مكونة من عجل حديدي ذي سطح أملس . وهناك نوع آخر يتكون من لوح حديدي أرضي وهو أصغر من النوع الأول . والشكل رقم (٢ - ٣٧) يوضح هذه المعدة .



الشكل رقم (٢ - ٣٧) المداحل الاهتزازية الحديدية اليدوية

(هـ) القلابات

وقد سبق الحديث عنها في نقل عمليات الحفر . والشكل رقم (٢ - ٣٨) يبين أحد أنواع القلابات المستخدمة في مواد الردم .



الشكل رقم (٢ - ٣٨) أحد القلابات المستخدمة في الردم



الشكل رقم (٢ - ٣٩) طريقة عمل المعدات في الموقع

المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج



تقنية الإنشاءات المدنية

الفصل الدراسي الثاني

الفصل الدراسي الثاني



المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تقنية الإنشاءات المدنية

أعمال ومعدات التمديدات الصحية

أعمال ومعدات التمديدات الصحية

٣

الهدف الموضوعي

أن يتعرف المتدرب على أنواع التمديدات الصحية (شبكات التمديدات) ومكوناتها والطرق المتبعة في تنفيذها .

موضوعات الباب

٣ -١ أنواع التمديدات (الشبكات)
٣ -٢ أنواع الأنابيب
٣ -٣ التحميل النقطي والتحميل الخطي للأنابيب
٣ -٤ غرف التفتيش والمطابق
٣ -٥ أنواع الصمامات
٣ -٦ أنواع الوصلات
٣ -٧ طريقة تمديد الأنابيب

عدد ساعات التدريب: ١٥ ساعة

أعمال ومعدات التمديدات الصحية

٣ -١ أنواع التمديدات (الشبكات)

تختلف أنواع التمديدات الصحية أو ما يسمى بشبكات التمديدات الصحية باختلاف الغرض المصممة من أجله هذه الشبكات ، وهناك ثلاثة أنواع منها وهي كالتالي :

٣ -١ -١ شبكات التغذية بمياه الشرب

يتم في هذا النوع من الشبكات توصيل المياه إلى مستخدميها في المنازل وفي الأعمال التجارية والصناعية ومقاومة الحريق وتشمل هذه الشبكات الأنابيب الرئيسية والتي عادة ما تكون في الطرق الرئيسية والأنابيب الفرعية الداخلية وتكون عادة داخل الأحياء وذلك للتوصيل النهائي للمستخدمين كما أن هناك ملحقات لهذه الشبكة من محابس وصمامات ومحابس الحريق وغرف التهوية وغرف الصمامات.

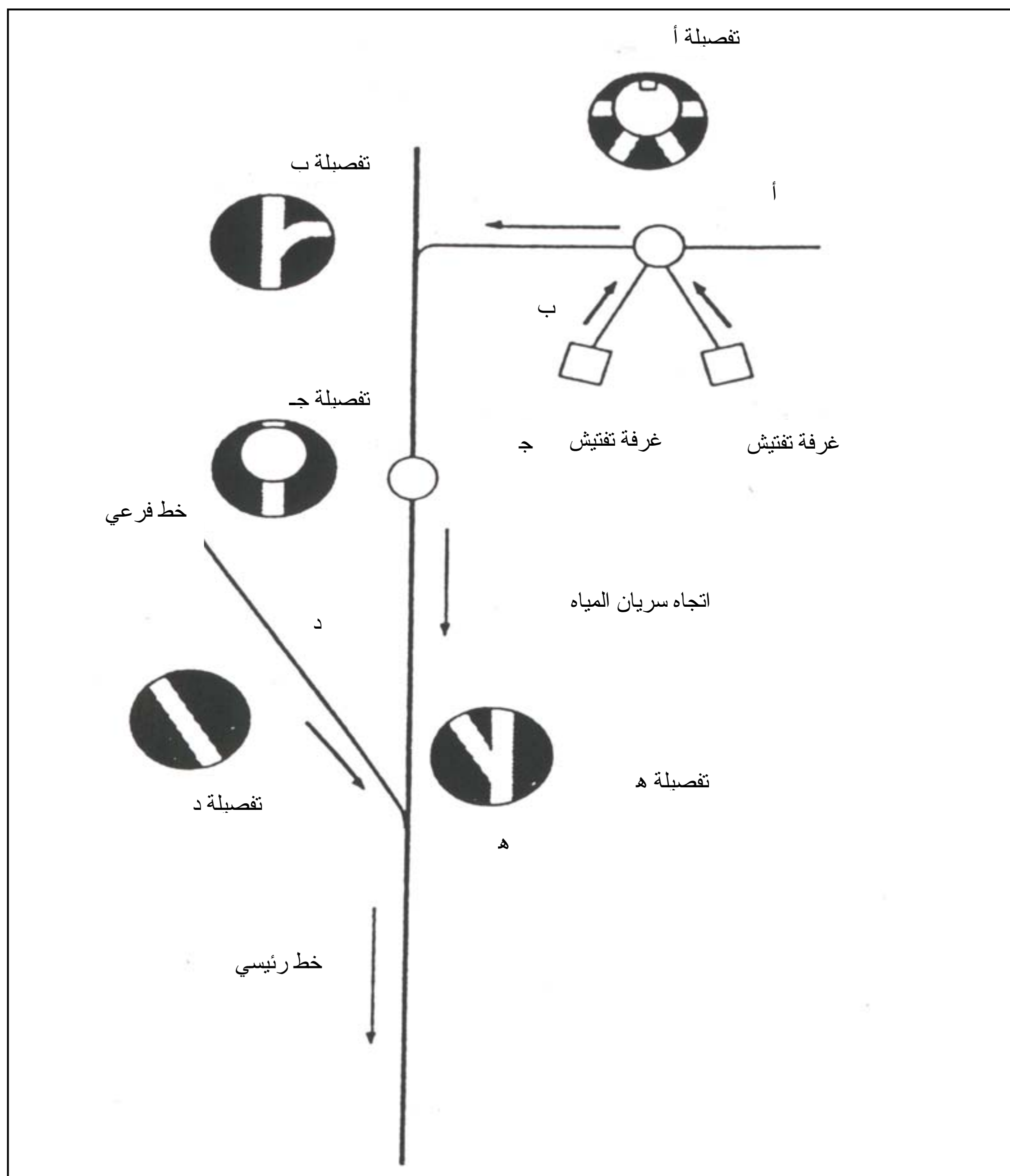
٣ -١ -٢ شبكات الصرف الصحي

تدخل مياه الشرب للمباني والمنشآت المختلفة ليتم إستخدامها بأغراض شتى ومن ثم تخرج محملة بمختلف الفضلات إلى شبكة الصرف الصحي ليأتي دورها في نقلها إلى محطات المعالجة.

وتتألف شبكة الصرف الصحي بشكل عام من :

_ خطوط رئيسية .
_ خطوط فرعية .
_ مطابق .
_ غرف تفتيش .
_ غرف تنظيف .
_ توصيلات منزلية ..

وتجدر الإشارة هنا إلى أن تصميم سرعة مياه الصرف في الأنابيب لا بد أن تكون في مدى (٠,٥ م/ث – ١,٥ م/ث) بحيث لا تزيد عنه ولا تنقص . حيث إنه في حالة النقصان عن الحد الأدنى الذي هو ٠,٥ م/ث فإن ذلك سيترتب عليه تراكم الفضلات التي تحملها وهذا سيتسبب في انسداد تلك الأنابيب . وأما في حالة زيادتها عن الحد الأعلى الذي هو ١,٥ م/ث فإن ذلك سيتسبب في تآكل الأنابيب بسبب زيادة الاحتكاك بين مياه الصرف وما تحمله من معلقات مع جدران تلك الأنابيب . ويمكن التحكم في هذه السرعة بضبط ميل الأنابيب بشكل يحقق السرعة المطلوبة .



الشكل رقم (٣ - ١) مسقط أفقى عام لشبكة الصرف الصحى

٣ -١ -٢ -١ علاقة الميل بنوع الأنبوب وقطره

يتعلق اختيار قطر الأنبوب وميله بعدة أمور منها :

_ كمية سريان المياه .

_ سرعة هذه المياه .

_ نوع الأنبوب .

٣ -١ -٣ شبكات صرف مياه الأمطار

تنشأ هذه الشبكات في المدن الكبيرة بحيث تكون شبكة الصرف الصحي مستقلة عن شبكة تصريف مياه الأمطار التي تنشأ بجانبها لتصريف مياه الأمطار عن شوارع المدينة . ويتوقف حجم هذه الشبكة على كمية مياه الأمطار التي تصل إليها ، **وهذا يعني أن هناك عاملين رئيستين تؤثران على حجم الشبكة وهما :**

١_ منسوب المنطقة التي تنشأ في هذه الشبكة .

٢_ الظروف المناخية والأحوال الجوية في المنطقة .

وتساعد عملية صرف مياه الأمطار على بقاء الشوارع بحالة جيدة ونظيفة كما تعمل على زيادة العمر الافتراضي لها .

٣ -١ -٣ -١ بالوعات تصريف مياه الأمطار

هناك عدة أنواع من بالوعات التصريف لمياه الأمطار إذا أخذ في الاعتبار المادة التي تبنى منها ، وهي كالتالي :

أ) بالوعات من الخرسانة المسلحة .

ب) بالوعات من الخرسانة العادية .

جـ) بالوعات من الطوب والخرسانة .

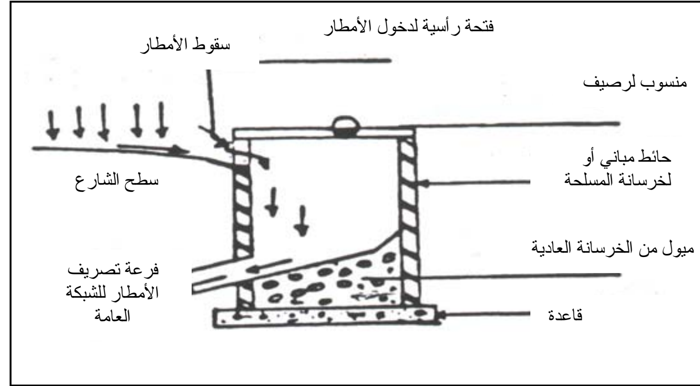
د) بالوعات من الفيبرجلاس .

وفي الأنواع الثلاثة الأولى يتم صنع الغطاء من حديد الزهر ، مع عمل ميول في قاع البالوعة لعدم السماح للرمل بالترسيب داخلها . وتصنع الميول عادة من الخرسانة العادية مع عمل تجويف بشكل نصف دائري لتجميع المياه إليها ودفعها داخل أنبوب الصرف .

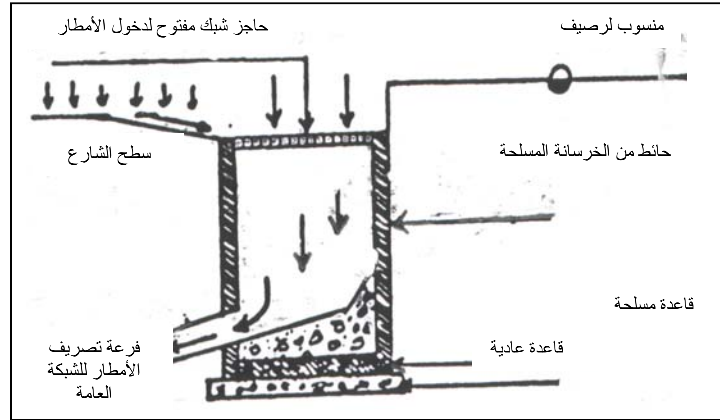
كما أنه يمكن تصنيف بالوعات صرف مياه الأمطار حسب مدخل المياه إليها إلى نوعين كالتالي :

أ) بالوعة ذات مدخل رأسي .

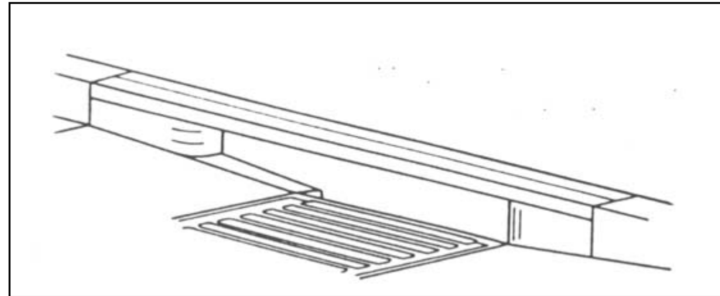
ب) بالوعة ذات مدخل أفقي .



الشكل رقم (٣ - ٢) بالوعة صرف الأمطار مدخل رأسى

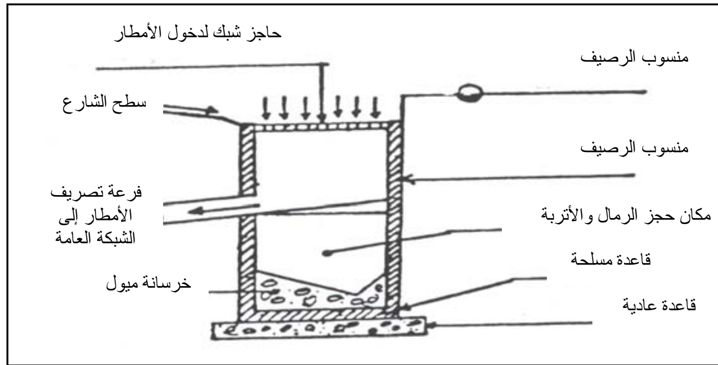


الشكل رقم (٣ - ٣) بالوعة صرف الأمطار مدخل أفقى



الشكل رقم (٣ - ٤) بالوعة صرف الأمطار

وإذا كانت مياه الأمطار محملة بكميات كبيرة من الرمل فإنه يجب حجزها قبل أن تصل إلى الشبكة العمومية وفي هذه الحالة تصنع بالوعات الأمطار مزودة بوعاء سفلي لتجميع الرمال والأتربة ويجري تنظيف تلك البالوعات على فترات حفاظاً من وصول الرواسب الضارة إلى شبكة الصرف وشكل رقم (٣ - ٥) يبين هذا النوع من البالوعات .



الشكل رقم (٣ - ٥) بالوعة تجميع الأمطار

وفي كل الأحوال تتصل البالوعات إلى أنابيب الصرف العمومية عن طريق المطابق التي تتوزع على مسافات متقاربة على خط الأنابيب تتراوح بين ٥٠ – ١٠٠ متر . وفي حالة وجود شبكة منفصلة لمياه الأمطار يكون التوصيل إليها بدلاً من الشبكة العمومية عن طريق مطابق خاصة بتجميع مياه الأمطار وبالوعات الصرف.

٣ -٢ أنواع الأنابيب

تستخدم أنواع عديدة من الأنابيب في تمديدات المياه والصرف الصحي ونذكر من أهمها :

١) أنابيب حديد الزهر

كانت أكثر الأنواع المستعملة في الماضي إلا أن توفر مواد أفضل في الوقت الحالي أدى إلى تراجع استعمال مثل هذا النوع من الأنابيب في شبكات المياه في السنوات القليلة الماضية وتمتاز هذه الأنابيب بسهولة تصنيعها وقلة ثمنها إلا أنها محدودة الطول كما أنها ثقيلة الوزن ويصعب نقلها كما أن أحد مشاكلها هو أنها سريعة التآكل . ولذلك تغلف من الخارج بطبقة من البتيومين وأحياناً من الداخل بطبقة رقيقة من الإسمنت للحد من التآكل .

٢) أنابيب الحديد الصلب

وتتميز هذه الأنابيب بخفة وزنها وسهولة نقلها ولكنها أقل تحملاً للضغوط الخارجية والتآكل والصدأ كما أنها يصعب أخذ فروع تغذية منها إلى المنازل وعادة تغطى من الداخل والخارج بطبقة مناسبة من البتيومين أو الألياف الزجاجية لحمايتها من الصدأ وعادة ما تستخدم هذه الأنابيب لنقل المياه فوق سطح الأرض وعبر الجسور وفي أماكن المضخات وذلك لتحملها لذبذبة الاهتزازات .

٣) الأنابيب الخرسانية المسلحة

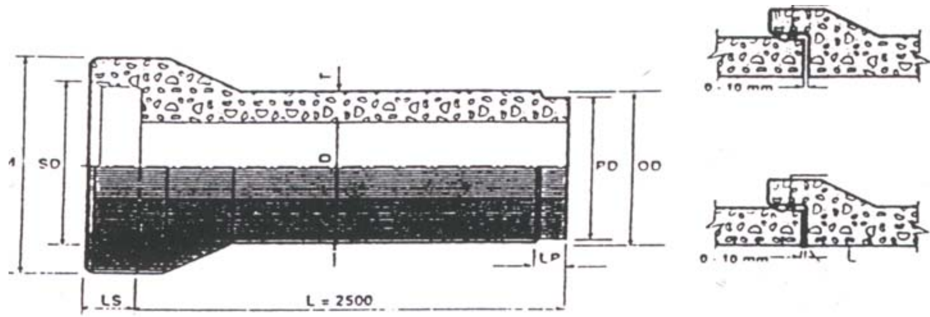
تصنع هذه الأنابيب من البحص والرمل والإسمنت والماء وحديد التسليح وتستخدم عادة للأمطار الكبيرة وتمتاز بمقاومتها للضغط الخارجي والتآكل وقلة تكلفتها وسهولة صيانتها ومن عيوبها قلة تحملها الضغط الداخلي والتسرب الذي يحصل من وصلاتها يكون أعلى نسبياً كما أنها ثقيلة الوزن وهناك نوعان من هذه الأنابيب :

أولاً : الأنابيب المسلحة بدون بطانة وهي نوعان

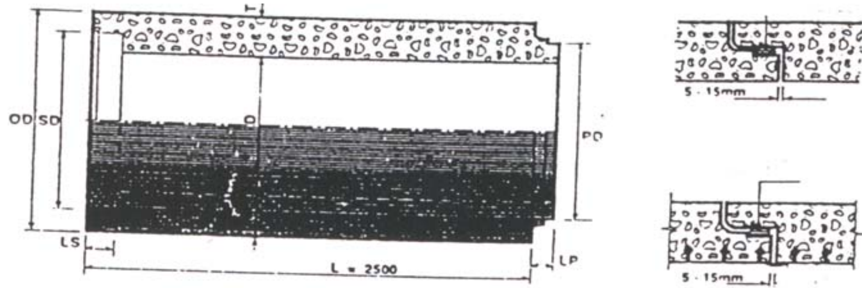
أ) أنابيب نوع الرأس والذيل (٣٠٠ – ١٠٥٠ ملم) .

ب) أنابيب نوع اللسان والمجرى (٩٠٠ – ٢٤٠٠ ملم) .

والشكلان رقم (٣ - ٦) ورقم (٣ - ٧) تبين مقاطع لهذين النوعين من الأنابيب الخرسانية المسلحة بدون بطانة .



الشكل رقم (٣ - ٦) أنابيب مسلحة بدون بطانة



الشكل رقم (٣ - ٧)

ثانياً : الأنابيب الخرسانية المسلحة المبطنة بمادة P.V.C

وفي هذا النوع من الأنابيب يتم تبطين الأنبوب من الداخل بمادة P.V.C وذلك للمحافظة عليه من الرواسب والمواد الكيميائية المتعرض لها أثناء مرور مياه الصرف مع العلم بأنه يمكن أن تتم عملية التبطين لكامل محيط الأنبوب أو يتم تبطين جزء منه وهذا يعود لاعتبارات تصميمية .

٤) أنابيب الفولاذ الطري المجلفن

وتستخدم في خطوط التغذية الرئيسية وذلك لتحملها للضغوط العالية وتغلف عادة من الداخل بمونة الإسمنت للحفاظ عليها من التآكل .

٥) الأنابيب النحاسية

وتمتاز هذه الأنابيب بمتانة عالية وكانت تستخدم في التوصيلات المنزلية إلا أن وجود بديل أرخص مثل الأنابيب اللدنة ألغى إستخدامها في التوصيلات المنزلية ويقتصر إستخدامها الآن في خطوط المياه الساخنة داخل المنازل .

٦) أنابيب الألياف الزجاجية FIBER GLASS

تتكون هذه الأنابيب من المواد الأساسية التالية :.

١) راتنج البوليستر المعالج حرارياً والمقاوم للكيماويات .

٢) خيوط الألياف الزجاجية (الفيبرجلاس) .

٣) شعيرات ورقائق الألياف الزجاجية (الفيبرجلاس) .

٤) بطانة سطحية .

٥) رمل السيليكا متدرج الحجم .

والأطوال القياسية لهذه الأنابيب ١٢ متراً بينما تتراوح أقطار هذه الأنابيب من ٣٥٠ إلى ٢٥٠٠ملم .

٧) الأنابيب البلاستيكية

هذه الأنابيب مصنوعة من مادة بولي كلوريد الفينيل (P.V.C) غير اللدن وتتراوح أقطار هذه الأنابيب تتراوح بين ١٦ – ٦٣٠ ملم ويمكن أن تكون الأنابيب بقطرين (٥٦٠ – ٧١٠ ملم) وذلك حسب الطلب التصميمي .

وتتميز هذه الأنابيب البلاستيكية بالتالي :

١) خفة الوزن .

٢) نعومة السطح .

٣) سهولة التركيب .

٤) مقاومة التآكل .

٥) تحمّل درجة الحرارة .

٦) تحمّل للضغوط لغاية ٢٥ بار .

٨) الأنابيب الفخارية المزججة

تصنع من مادة الصلصال لصناعة هذه الأنابيب أما مادة التزجيج فتتكون من الطفال والطين وسيليكات الألمنيوم والجير (الكلس) والدولوميت والكوارتز ، ويضاف لها أحياناً بعض الأكاسيد المعدنية لإكسابها اللون .

تعتبر هذه الأنابيب من أفضل الأنواع التي تستعمل بالصرف الصحي لما لها من مزايا عديدة أهمها :

١) مقاومة التفاعلات الكيميائية .

٢) العمر اللامحدود .

وكذلك تتميز هذه الأنابيب بمزايا أخرى :

١) نعوم السطح .

٢)عدم النفاذية للماء .

٣) مقاومة الكشط (التعرية) .

وأقطار هذه الأنابيب تتراوح بين ١٠٠ – ١٠٠٠ ملم والطول ٢ متر .

٣ -٢ -١ علاقة عرض الخندق بقطر الأنبوب

يرتبط عرض الخنادق بقطر الأنبوب فهناك مواصفات فنية تنص على أن لكل قطر أنبوب حد أدنى وحد أقصى من عرض الخندق والجدول رقم (١ -٣) يبين العلاقة بين أقطار الأنابيب وعرض الخندق المسموح به .

قطر الأنبوب (الداخلي) بالمليمتر	عرض الخندق (مليمتر)	
	الأدنى	الأقصى
١٥٠	٦٥٠	٩٥٠
٢٠٠	٧٠٠	١٠٠٠
٢٥٠	٧٥٠	١٠٥٠
٣٠٠	٨٥٠	١١٥٠
٣٥٠	٩٠٠	١٢٠٠
٤٠٠	٩٥٠	١٢٥٠
٤٥٠	١٠٥٠	١٣٥٠
٥٠٠	١١٠٠	١٤٠٠
٦٠٠	١٢٥٠	١٥٥٠
٧٠٠	١٣٥٠	١٦٥٠
٨٠٠	١٥٠٠	١٨٠٠
٩٠٠	١٦٠٠	١٩٠٠
١٠٠٠	١٧٥٠	٢٠٥٠
١١٠٠	١٩٠٠	٢٢٠٠
١٢٠٠	٢٠٠٠	٢٣٠٠
١٣٠٠	٢١٥٠	٢٤٥٠
١٤٠٠	٢٢٥٠	٢٥٥٠
١٥٠٠	٢٤٠٠	٢٧٠٠
١٦٠٠	٢٥٥٠	٢٨٥٠
١٧٠٠	٢٦٥٠	٢٩٥٠
١٨٠٠	٢٨٠٠	٣١٠٠
١٩٠٠	٢٩٠٠	٣٢٠٠
٢٠٠٠	٣٠٥٠	٣٣٥٠
٢١٠٠	٣٢٠٠	٣٥٠٠
٢٢٠٠	٣٣٠٠	٣٦٠٠
٢٣٠٠	٣٤٥٠	٣٧٥٠
٢٤٠٠	٣٥٥٠	٣٨٥٠

الجدول رقم (٣ – ١)

٣ - ٣ التحميل النقطي والتحميل الخطي للأنابيب

تسمى طريقة وضع الأنابيب على الفرشة الخرسانية السفلى داخل خندق التمديدات أو كيفية تعليقها إذا كانت معلقة بالجسور بطريقة التحميل وهناك نوعان من أنواع التحميل وهما:

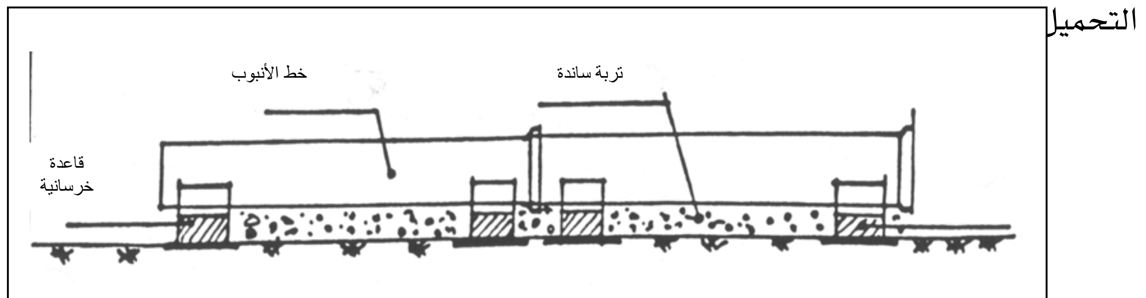
٣ -٣ -١ التحميل النقطي

يقصد بهذه الطريقة عندما يوضع خط الأنابيب على نقاط محددة أو قواعد منفصلة ، مثلاً كوضع الأنبوبة الواحدة على قاعدتين إحداهما عند الرأس والثانية عند الذيل أو على ثلاث قواعد بزيادة واحدة في المنتصف وهكذا ، وتتركز عيوب هذا النوع عندما يتعرض الأنبوب إلى إجهادات عزم الانحناء ونتيجة عمل الأنبوب ككمرة مرتكزة على عدد محدد من الأعمدة تنشأ داخل قطاع الأنبوب قوى داخلية أهمها عزم الانحناء وقوى القص التي تعتبر مسببة لاجتهادات هذه القوى في الاتجاه الطولي للأنبوب .

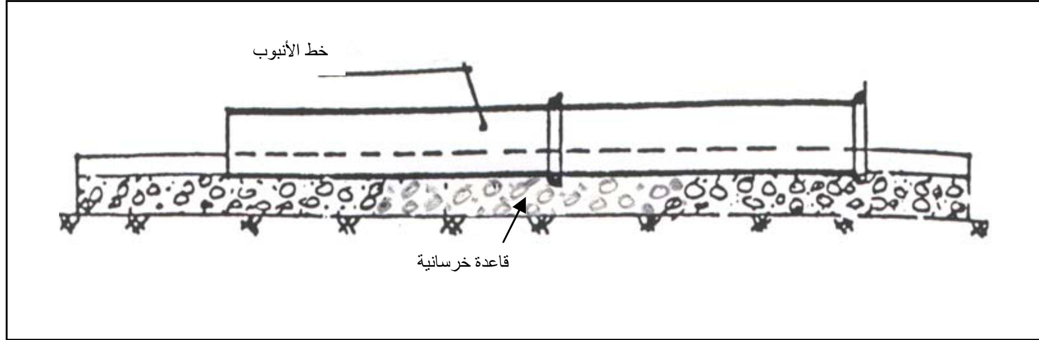
٣ -٣ -٢ التحميل الخطي

في هذا النوع من التحميل يكون الأنبوب مرتكزاً بكامل طوله على الفرشة الخرسانية وبالتالي لا يتولد داخل الأنبوب عزم انحناء أو قوى قص في الاتجاه الطولي للأنبوب وبالتالي يعتبر التحميل الخطي للأنابيب أفضل من التحميل النقطي للأنابيب .

ومن المعروف أن الأنابيب تتعرض إلى اجتهادات داخلية في الاتجاه العرضي نتيجة الضغوط الداخلية والخارجية الواقعة عليها . وتكون اجتهادات التحميل النقطي زائدة عن هذه الاجتهادات وبالتالي تنتج اجتهادات محصلة أكبر مما لو كان نوع التحميل خطياً لذلك يفضل التحميل الخطي كثيراً عن التحميل النقطي في مشاريع تمديد الأنابيب والشكلين رقم (٣ - ٨) ورقم (٣ - ٩) يبين كل نوع من أنواع التحميل



الشكل رقم (٣ - ٨) التحميل النقطى



الشكل رقم (٣ - ٩) التحميل الخطى

٣ – ٤ غرف التفتيش والمطابق

تعتبر غرف التفتيش والمطابق من ملحقات شبكات الصرف الصحي ومن الضروري وجودها في الشبكة لأغراض عدة وسوف نتطرق لكل نوع من هذه الغرف .

٣ - ٤ -١ غرف التفتيش

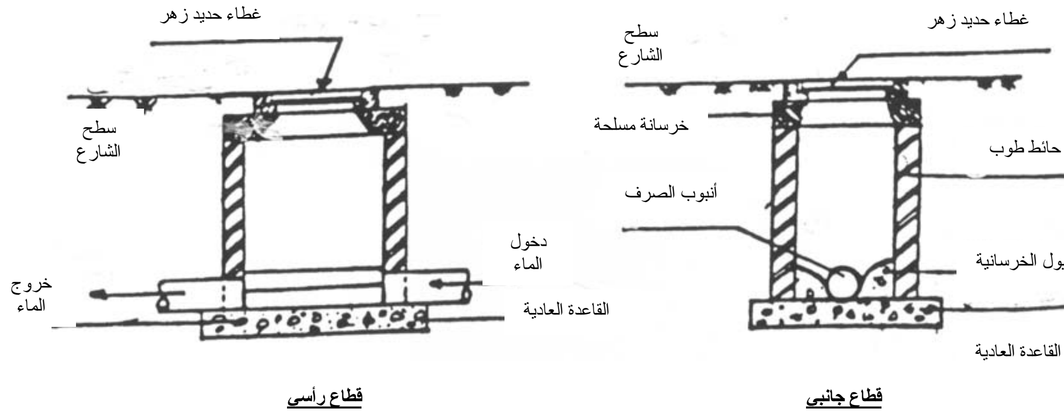
إن الغرض الأساسي من إنشاء غرف التفتيش هو استقبال مياه الصرف الصحي ، وعادة ما يتم تنفيذها عند مخارج المنازل أو عند زيادة طول خط الصرف عن اللازم مما يؤدي إلى زيادة عمق خط الصرف . والمعروف أن مياه الصرف تسير داخل الأنابيب تحت تأثير الجاذبية الأرضية لذلك يلزم إعطاء الميل اللازم للأنابيب حسب التصميم في حدود ١ – ٢ ٪ وبالتالي كلما زادت المسافة يزيد سقوط خط الأنابيب عن سطح الطريق فتزيد عمليات الحفر وتزيد أعماق غرف التفتيش اللاحقة لذلك يجب ألا تزيد المسافة بين الغرف عن ١٢ متر كحد أقصى .

وتنشأ غرف التفتيش عادة بأحد الطرق الآتية :

أ) غرف التفتيش جاهزة من الفيبرجلاس أو البولي إثلين المقوي وتتميز بسرعة وسهولة تركيبها وتستخدم غالباً في الأعمال المؤقتة وهي صغيرة الحجم ويصل عمقها إلى متر واحد تقريباً ولا يزيد عن ذلك.

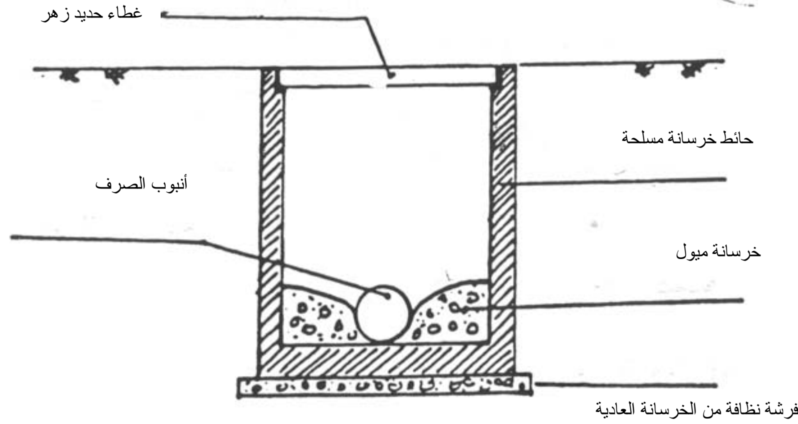
ب) غرف التفتيش منشأة من الطوب وتستخدم للأعمال الدائمة ويتم إنشاء الحوائط من الطوب على قاعدة من الخرسانة العادية وتكون مربعة أو مستطيلة الشكل وتكون صغيرة الحجم أبعادها من ٦٠ – ٩٠ سم ارتفاعها حسب ميل خط الأنابيب . ويتم لياسة الحائط من الداخل بمونة الإسمنت والرمل كما يجب عزل الحائط من الخارج لمنع تسرب مياه الصرف إلى خارج الغرفة ويتم العزل بدهنه بالبتيومين

الساخن وجهين . كما يتم عمل خرسانة ميول داخلية وعمل التجويف بداخلها على شكل نصف دائرة حتى تنزلق الرواسب والفضلات داخل أنبوبة الصرف . ويصنع غطاء غرفة التفتيش من الحديد الزهر حتى يمكن إجراء الصيانة الدورية لها إذ تعرضت إلى الإنسداد . والشكل رقم (٣ - ١٠) نموذج لأحد غرف التفتيش المصنوعة من الطوب .



الشكل رقم (٣ - ١٠) غرفة تفتيش من الطوب

جـ) غرف تفتيش مصنوعة من الخرسانة العادية أو المسلحة وتستخدم أيضاً بصفة دائمة ويتم إنشاؤها كلياً من الخرسانة العادية إذا كان حجمها صغيراً أما إذا زاد الحجم فتتعرض إلى ضغط الأتربة ويكون مؤثراً عليها فيستخدم الخرسانة المسلحة لتحمل الإجهادات أكثر من الخرسانة العادية . والآن أصبح من الشائع إنشاؤها من الخرسانة سابقة الصب حيث تصنع في مصانع الخرسانة سابقة الصب ثم تنقل لتركب مباشرة في الموقع بواسطة عمل خطاف يساعد على نقلها بواسطة معدات النقل وفي كل الأحوال يجب عمل خرسانة الميول في قاع الغرفة لتوجيه المياه داخلها من المدخل إلى المخرج . وكذلك يتم تغطيتها بواسطة أغطية من الحديد الزهر حسب مقاس الغرفة والشكل رقم (٣ - ١١) يبين نموذجاً لأحدى غرف التفتيش المصنوعة من الخرسانة المسلحة . وفي حالة زيادة العمق بين الأنبوب المدخل والمخرج تنشأ هدارات داخل غرف التفتيش لمنع النحر في قاع الغرفة وذلك في حالة زيادة فرق المنسوب بين المدخل والمخرج عن ٦٠ سم .

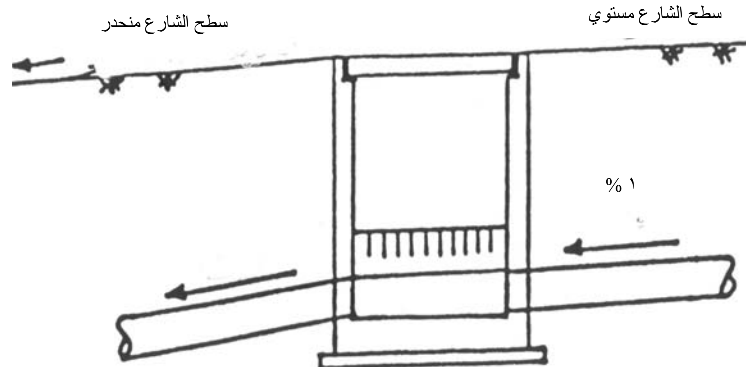


الشكل رقم (٣ - ١١) غرفة تفتيش من الخرسانة المسلحة

ويتم أنشاء غرف التفتيش في الحالات الآتية :

أ) عند تغير اتجاه خط الصرف

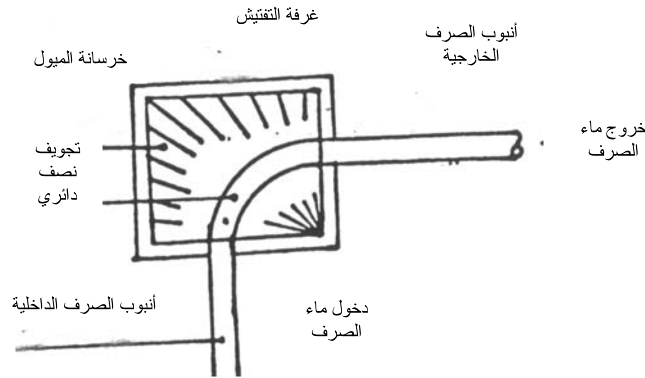
عند تغير الاتجاه لسريان المياه داخل أنبوب الصرف لابد من إنشاء غرفة التفتيش وذلك بسبب تولد قوة محصلة للخارج قد تؤدي إلى كسر الأنبوب عند نقطة تغير الاتجاه ولذلك لابد من إنشاء غرفة تفتيش تقوم بامتصاص صدمة تغير اتجاه سريان مياه الصرف . وفي هذه الحالة يجب أن تأخذ الميول الخرسانية والتشكيل النصف دائرى بها الانحناء اللازم لزاوية تغير الاتجاه كما هو مبين بالشكل رقم (٣ - ١٢).



الشكل رقم (٣ - ١٢) تغير اتجاه خط الصرف

ب) عند تغير ميل خط الصرف

عند الحاجة إلى تغير ميل خط الصرف نتيجة للتغيير الحاد لميل الأرض الطبيعية والمتغير بدرجة كبيرة في هذه الحالة لا يمكن عمل التغيير في أنبوب الصرف مباشرة حيث إنه يتسبب في وجود قوة محصلة نتيجة تغيير الاتجاه تعمل على الضغط على وصلة الأنبوب في هذه النقطة وحيث إن الوصلات تعتبر أضعف أماكن التمديدات فيكون من الضروري عند التغير في الميل وجود غرفة تفتيش عند هذه النقطة . والشكل رقم (٣ - ١٣) يبين هذه الحالة .



الشكل رقم (٣ - ١٣) تغير ميل خط الصرف

جـ) عند تغير قطر الأنبوبة

يحدث عند تغيير القطر اضطراب في سريان المياه مما يؤدي إلى الإضرار بالأنبوب مع الزمن ولذلك يلزم في هذه الحالة إنشاء غرفة تفتيش لتعمل على تهدئة السريان قبل دخول المياه إلى أنبوب الخروج .

د) عند زيادة طول خط الصرف

في هذه الحالة زيادة الطول تؤدي إلى انخفاض أنبوب الصرف بمقدار كبير وذلك لأن الأنبوب يأخذ ميلاً في اتجاه الجاذبية حتى يسمح للمياه بداخله بالسريان الحر بتأثير الميل في اتجاه الجاذبية . وينتج عن ذلك زيادة عمق الحفر وكذلك ارتفاع غرفة التفتيش ولذلك يجب عند زيادة الطول عن ١٢ م وضع غرفة تفتيش حتى لا يزيد عمق الحفر لخط الأنابيب .

٢ -٤ -٢ المطابق

الغاية من وجود المطابق بشبكة الصرف الصحي هو التمكن من القيام بتنظيف الشبكة والتمكن من الوصول إلى كافة أقسامها وإجراء الصيانة لها .

ويتم تنفيذ المطابق كما يلي :

أ) الوصول للمنسوب الخاص بالأنابيب .

ب) متابعة الحفر يدوياً للأماكن التي سيتم تنفيذ المطابق عليها .

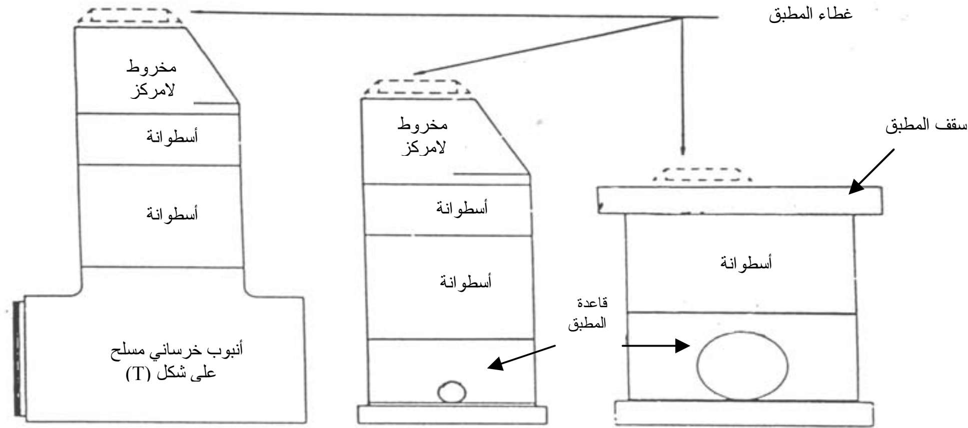
جـ) صب طبقة النظافة والتي هي عادة من الخرسانة العادية .

د) بعد جفاف هذه الطبقة يتم طلاؤها بمادة عازلة مثل مستحلب القار البيتوميني .

هـ) تركيب المطبق : بعد جفاف المادة العازلة يتم تنفيذ المطابق من الخرسانة **ونميز هنا نوعين من هذه المطابق :**

١) المطابق مسبقة الصنع :

تنتج هذه المطابق بشكل قطع أسطوانية الشكل وتركب فوق بعضها ، ولهذه القطع ارتفاعات مختلفة ٣٠سم ، ٦٠سم ، ١٢٠سم وتركب فوق قاعدة المطبق أو فوق أنبوب خرساني مسلح على شكل T كما هو موضح بالشكل رقم (٣ - ١٤) .



الشكل رقم (٣ - ١٤) مطبق مسبق الصنع

٢) المطابق المصبوبة بالموقع :

يتم تنفيذ المطابق بالموقع عندما تكون أقطار الأنابيب كبيرة ≥ ٧٠٠ ملم ، بالطرق التالية:

١) تركب القوالب وفق الأبعاد الموجودة على المخططات .

٢) صب الخرسانة .

٣) تعديل ارتفاع غطاء المطابق عندما لا يكفي ارتفاع المطبق إلى المنسوب النهائي وذلك باستخدام الطوب الخرساني لزيادة الارتفاع .

٤) الحماية الداخلية وذلك باستخدام دهان الإبوكسي (Epoxy) بعد جفاف الخرسانة وتنظيف السطح الداخلي ومن ثم الدهان .

٥) الحماية الخارجية عن طريق الدهان للخرسانة وذلك باستخدام ثلاث طبقات من مستحلب فحم القار البيتوميني .

والشكل رقم (٣ - ١٥) يبين نموذجاً لأحد المطابق .

٣ -٤ -٢ -١ مواقع إنشاء المطابق

وتوضع المطابق عند حصول أي تغيير في الحالات التالية :

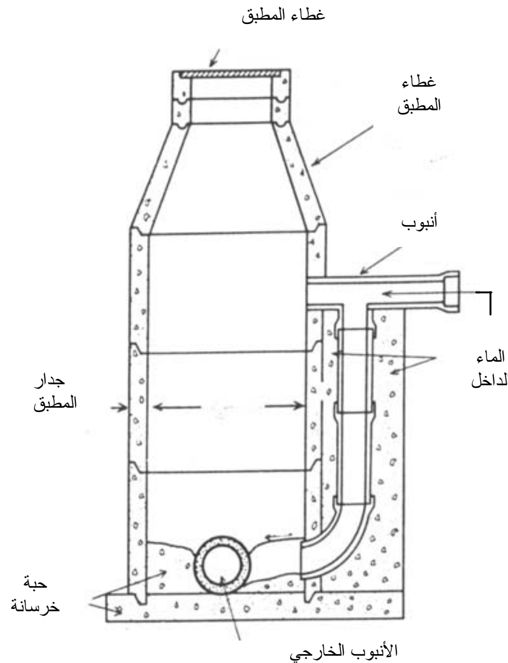
أ) قطاع الأنابيب .

ب) الاتجاه .

جـ) الانحدار .

د) فجائي في المنسوب .

و) نوع الأنبوبة .



الشكل رقم (٣ - ١٥)
الأجزاء الرئيسية للمطبق

أما في حالة زيادة المسافة عن الحد المعقول وذلك يتوقف على قطر الأنبوبة وهي تتراوح بين ٢٥ م إلى ١٥٠ متر . وإذا كانت الأنبوبة أكبر قطراً من ١,٢ م أمكن دخول العمال داخلها لتنظيفها في حالة هبوط منسوب الماء وفي هذه الحالة يمكن زيادة البعد بين المطبقين إلى مائة أو ١٥٠ متراً .

٣ - ٥ أنواع الصمامات

تعتبر الصمامات من الأجزاء المهمة جداً في شبكة التغذية بمياه الشرب وتختلف أنواعها باختلاف الوظيفة التي يقوم بها كل صمام وهي كالتالي :

١) الصمامات البوابية

وهي أكثر أنواع الصمامات استخداماً وتستخدم لتنظيم التدفق داخل الأنابيب وكما تستخدم لإغلاق الشبكة أثناء عمليات الصيانة لها . وغالباً ما تركب في تقاطعات الأنابيب عند نهايات الشوارع . وكلما زاد عددها في الشبكة قل عدد المشتركين الذين تتوقف عنهم المياه أثناء أعمال الصيانة للشبكة .

٢) الصمامات الفراشة

تقريباً تقوم بنفس الغرض في الصمامات البوابية مع تميزها بإمكانية إستخدامها مع الأنابيب ذات الأقطار الكبيرة بأقل تكلفة وكذلك تتميز بسهولة إستخدامها . ولكن لا يمكن إستخدامها في أنابيب الصرف الصحي .

٣) صمامات تنفيس الهواء

عادة ما يتجمع الهواء في خطوط الأنابيب الطويلة مما يمنع تدفق المياه أو يجعله مضطرباً ، ومن أجل ذلك توضع هذه الصمامات لتسمح للهواء بالتصريف أو بالعكس بمعنى أنها تسمح بدخول بعض الهواء إلى الأنابيب لكي تمنع تحطم الأنابيب جرَّاء تعرضها للضغط .

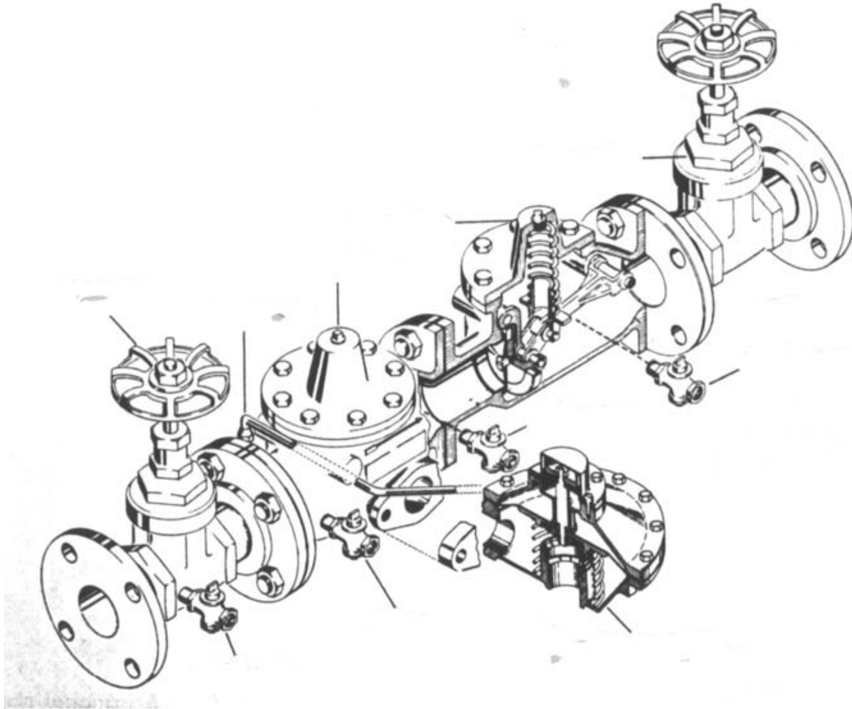
٤) صمامات ضبط الضغط

وتستخدم لمعايرة الضغط في الأنابيب الموجودة في المناطق المنخفضة وبإمكانها تخفيض الضغط إلى أي مستوى مرغوب .

٥) حنفيات الحريق

لابد من تركيب حنفيات الحريق في الشبكة لإستخدامها عند الضرورة - لا سمح الله - ، وغالباً ما توضع في تقاطعات الشوارع للسماح بإمكانية إستخدامها في كل الاتجاهات .

وهناك أنواع أخرى من الصمامات مثل تلك التي تمنع رجوع المياه بعكس الاتجاه بعد المضخات أو تلك التي تستعمل مع الخزانات العلوية بحيث تتحكم في استمرار ضخ الماء أو توقفه حسب كمية الماء الموجودة في الخزانات كذلك هناك ما يسمى بصمامات الغسيل وصمامات التصريف . والشكل رقم (٣ - ١٦) يوضح مجموعة من الصمامات كما هي موجودة في إحدى الشبكات .



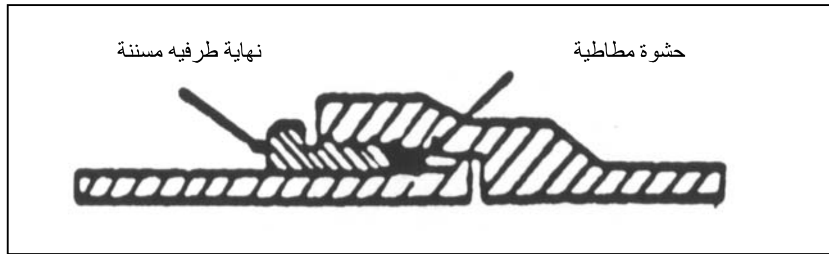
الشكل رقم (٣ - ١٦) مجموعة صمامات

٣ - ٦ أنواع الوصلات

عند تمديد الأنابيب في الشبكة يتم توصيلها مع بعضها بواسطة وصلات مخصصة لكل نوع من أنواع الأنابيب وهي كالتالي :

١) الوصلة المسننة

في هذا النوع من الوصلات تسنّن النهاية الناقوسية من الداخل للأنبوب الأول وتسنّن النهاية الطرفية للأنبوب الثاني من الخارج ويوضع في قاع النهاية الناقوسية حشوة مطاطية لتمنع تسرب الماء بعد الربط . والشكل رقم (٣ - ١٧) يوضح هذه الوصلة .

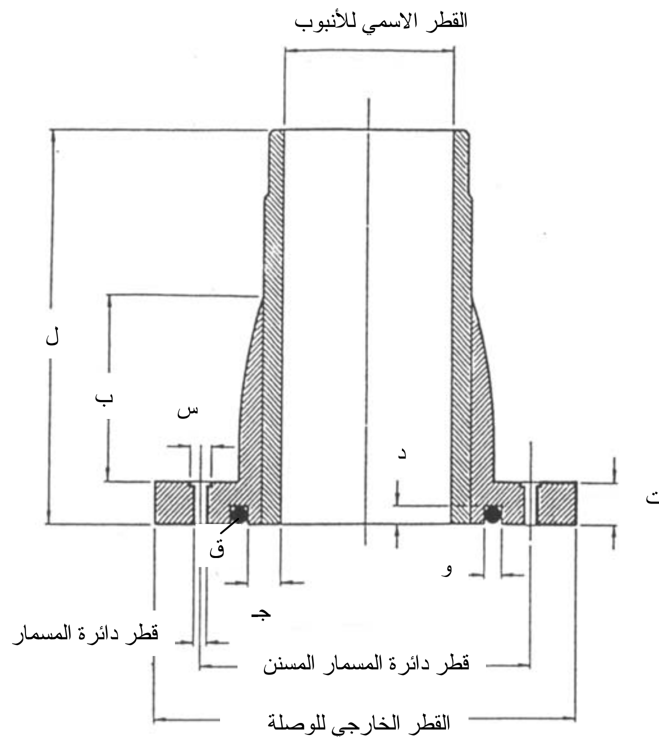


الشكل رقم (٣ - ١٧) الوصلة المسننة

٢) الوصلة المشفهة (فلانجات)

في هذا النوع من الوصلات تنتهي كل نهاية للأنابيب بشفة مثقبة لتركيب البراغي والصواميل مع مراعاة وضع حشوة مطاطية بينهما .

وعادة ما تستخدم هذه الوصلات في الأنابيب التي تتعرض للضغط العالي أو تغير في درجات الحرارة . والشكل رقم (٣ - ١٨) يوضح مقطعاً لنهاية الأنبوب ومكان وضع البراغي .



وصـلات مشفهة (فلانجـات)

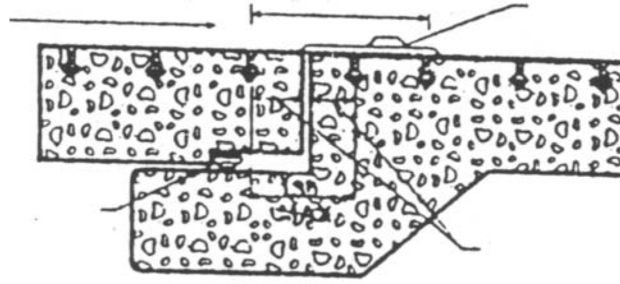
القياسات ادناه تتطابق مواصفات التثقيب (ايه.ان.اس.اي ب ١٦.١) (ANSI B 16.1) .

القطر الاسمي للانبوب	القطر الاسمي للوصلة	القطر الخارجي للوصلة	قطر دائرة المسمار المسنن	قطر فتحة المسمار المسنن	عدد فتحات المسامير المسنن	(ت) سمك الوصلة	(ل) الطول	(ب) طول محور التقوية	(س) قطر سطح الوردة الوصلة	(ج) موقع الحز	(د) عمق الحز	(و) اتساع الحز	(ق) قطر الحلقة المطاطية
مم	بوصة	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم
٣٥٠	١٤	٥٣٨	٤٧٦	٣٢	١٢	٤١	١٠٠٠	١٠٥	٦٤	٩.٣٦	٩.٥٢٥	٢٠.٧٧	١٥.٨٨
٤٠٠	١٦	٦٠٢	٥٤٠	٣٢	١٦	٤٣	١٠٠٠	١١١	٦٤	١٠.٥٩	٩.٥٢٥	٢٠.٧٧	١٥.٨٨
٤٥٠	١٨	٦٤٦	٥٧٨	٣٥	١٦	٤٦	١٠٠٠	١١٧	٧٠	١١.٧٣	٩.٥٢٥	٢٠.٧٧	١٥.٨٨
٥٠٠	٢٠	٧٠٣	٦٣٥	٣٥	٢٠	٤٨	١٠٠٠	١٢٠	٧٠	١٢.٩٦	٩.٥٢٥	٢٠.٧٧	١٥.٨٨
٦٠٠	٢٤	٨٣٣	٧٤٩	٣٨	٢٠	٥٤	١٠٠٠	١٣٨	٨٣	١٥.٤٣	٩.٥٢٥	٢٠.٧٧	١٥.٨٨
٩٠٠	٣٦	١١٧٤	١٠٨٦	٤٥	٣٢	٦٨	١٠٠٠	١٩٣	٩٦	٢١.٠٠	٩.٥٢٥	٢٠.٧٧	١٥.٨٨
١٢٠٠	٤٨	١٥١٠	١٤٣٣	٤٥	٤٤	٨٧	١٠٠٠	٢٥٣	٩٦	٢٤.٣٧	١١.٤٣	٢٤.٩٤	١٩.٠٥
١٥٠٠	٦٠	١٨٦٥	١٧٥٩	٥٤	٥٢	١٠٢	١٠٠٠	٣٠٣	١٠٢	٢٩.٨٤	١١.٤٣	٢٤.٩٤	١٩.٠٥
١٨٠٠	٧٢	٢٢٠٢	٢٠٩٦	٥٤	٦٠	١١٦	١٠٠٠	٣٦٠	١٠٢	٣٤.٦٣	١١.٤٣	٢٤.٩٤	١٩.٠٥
٢١٠٠	٨٤	٢٥٤٤	٢٤٣٦	٦٤	٦٤	١٣٤	١٠٠٠	٤٢٠	١١٥	٤١.٤٣	١٣.٣٣	٢٩.٠٨	٢٢.٢٣

الشكل رقم (٣ - ١٨) وصلات المشفهة (فلانجات)

٣) وصلة الأنابيب الخرسانية

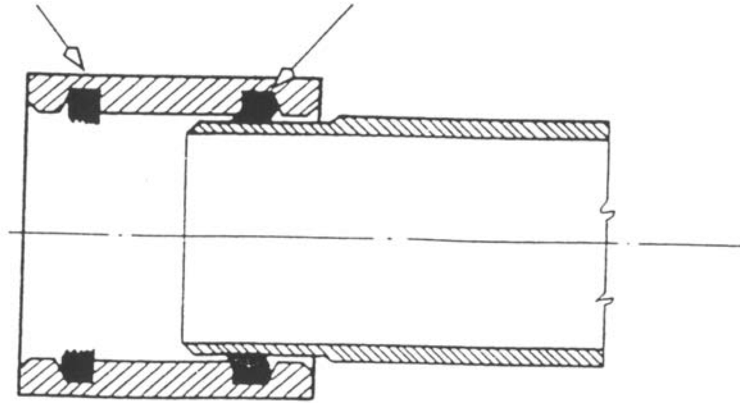
توصل عادة الأنابيب الخرسانية بإدخال النهاية اللسانية داخل النهاية الناقوسية مع وضع حلقة مطاطية بينهما لمنع تسرب المياه منها . والشكل رقم (٣ - ١٩) يوضح مقطع لهذه الوصلة.



الشكل رقم (٣ - ١٩) وصلة أنبوب خرسانية

٤) وصلة أنابيب الألياف الزجاجية

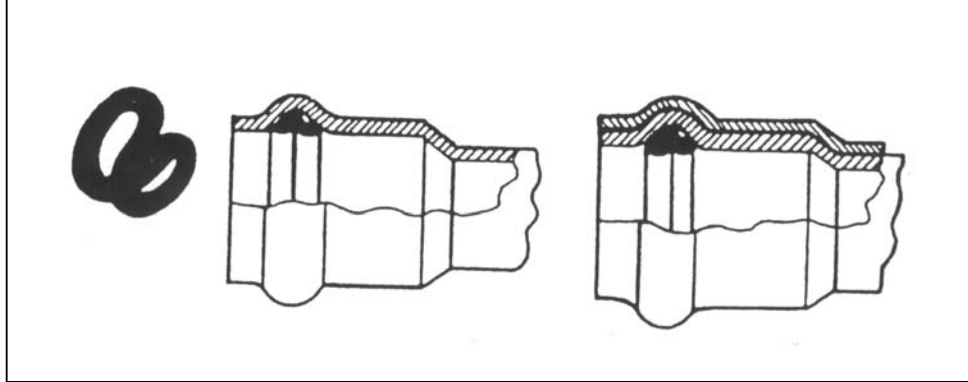
يوصل هذا النوع من الأنابيب بوصلات معيارية ذات رأسين مزودين بحشوة مطاطية لمنع تسرب الماء . والشكل رقم (٣ - ٢٠) يوضح مقطعاً لهذه الوصلة .



الشكل رقم (٣ - ٢٠) وصلة من الألياف الزجاجية

٥) وصلات الأنابيب البلاستيكية ذات الأقطار أكبر من ٧٥ مم

وتتم عملية الوصل لهذه الأنابيب بطريقة الرأس والذيل مع استعمال الحلقات المطاطية التي تمنع تسرب المياه منها . والشكل رقم (٣ - ٢١) يبين طريقة الوصل فيها .



الشكل رقم (٣ - ٢١) وصلات أنابيب

٣ - ٧ طريقة تمديد الأنابيب

سبق في الباب الثاني وأن تحدثنا عن حفر الخنادق المفتوحة لتحديد الخدمات وكذلك طريقة ردمها وتعرضنا لها بالتفاصيل ، وسنتطرق في هذا الباب لطريقة تمديد الأنابيب داخل هذه الخنادق وحتى قبل ردمها .

فقبل البدء في تمديد هذه الأنابيب لابد من التأكد من بعض الأمور التي تؤثر على هذه العملية سلباً أو إيجاباً وهي كما يلي :

١) لابد من القيام بفحص هذه الأنابيب والوصلات والملحقات الموجودة لتركيبها .

٢) عدم قبول أي من الأنابيب التي بها شروخ أو كسر وكذلك الملحقات والوصلات التي بها نفس العيوب .

٣) التأكد من أن جميع المواد قد خزنت في أماكن لم تتعرض لها الشمس فيها إذا كانت مصنوعة من مواد تتأثر بذلك .

٤) لابد من التأكد من تنظيف الأنابيب قبل إدخالها إلى الخنادق لتمديدها .

٥) التأكد من توفر جميع المعدات والأدوات اللازمة للتمديد مع أخذ الحيطة والعناية بالأنابيب أثناء تنزيلها في الخندق .

٣ -٧ - ١ خطوات تمديد الأنابيب

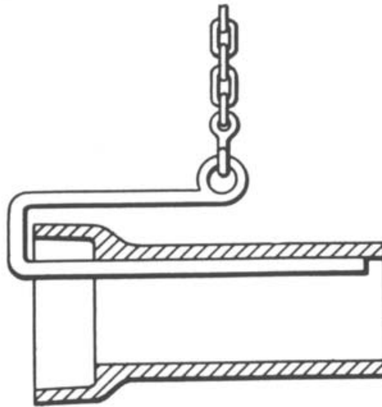
يمكن تلخيص خطوات تمديد الأنابيب داخل الخنادق كالتالي :

١) وضع الفرشة داخل الخندق والتي يحمّل عليها الأنبوب سواء كانت رملية أو حبيبة أو فرشة خرسانية في التحميل الخطي أو صب القواعد الخرسانية في **حالة التمديد النقطي مع مراعاة الآتي :**

أ) التأكد من عمل الميول اللازمة لخط الأنابيب .

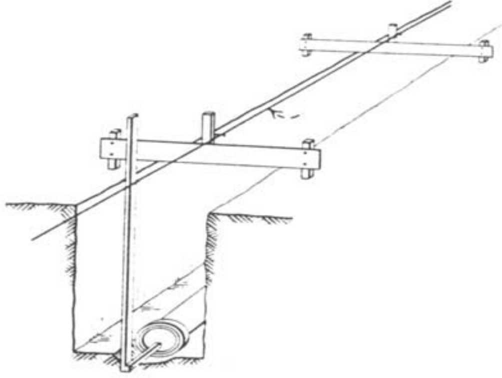
ب) يراعى عمل التجويف المناسب لخط الأنبوب في الفرشة الأرضية بالشكل المناسب .

٢) يتم توزيع الأنابيب داخل الخندق مع مراعاة عدم قص أي أنبوب لأقل من ثلاثة أمتار واستخدام المعدات المخصصة وذلك لتلافي حصول حوادث أو مشاكل أثناء عملية إنزالها في الخندق كما في الشكل رقم (٣ - ٢٢) .

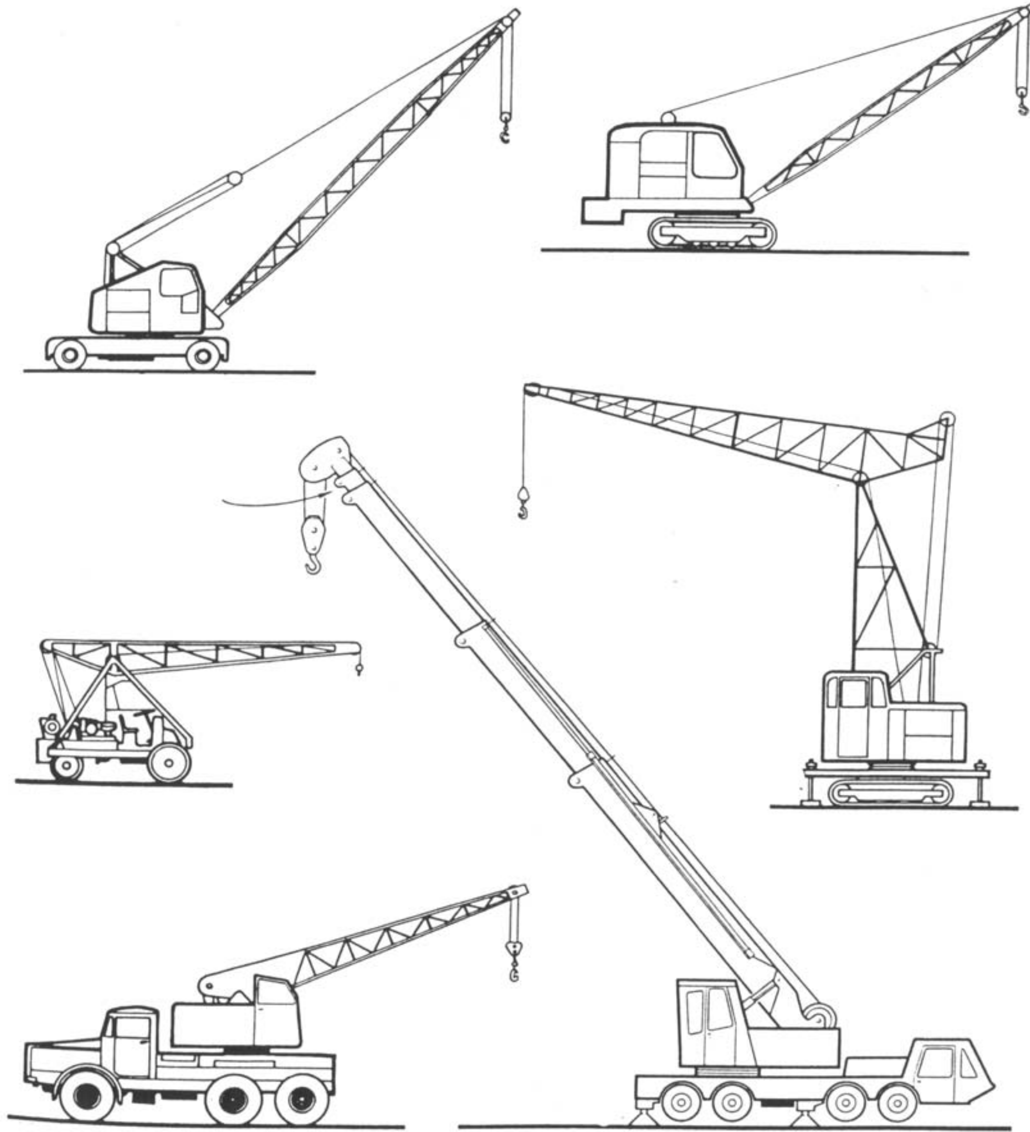


الشكل رقم (٣ - ٢٢) طريقة تنزيل الأنابيب في الخندق

كما أنه لابد التأكد من وضعها بالشكل الصحيح وحسب المخططات من حيث ميلانها الأفقي والرأسي باستخدام الشواخص و الخيوط كما في الشكل رقم (٣ - ٢٣) .



الشكل رقم (٣ - ٢٣) استخدام الخيوط والشواخص لضبط ميل الأنبوب



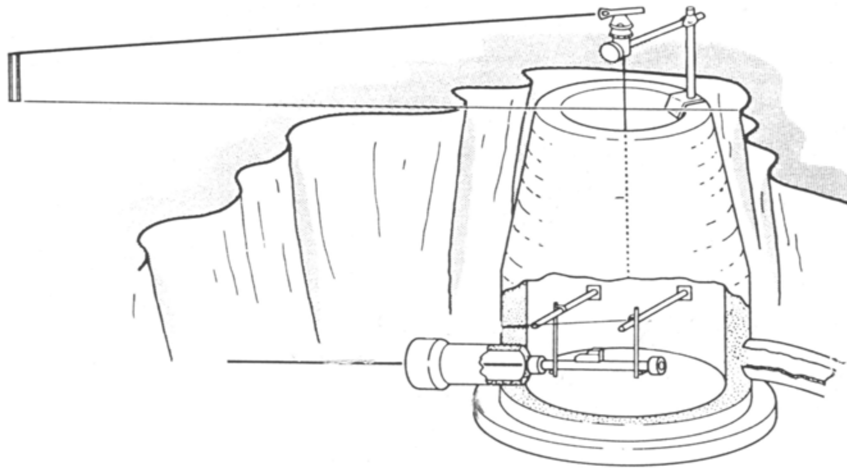
والشكل رقم (٣ - ٢٤)

يوضح أنواع الكرينات المستخدمة في تنزيل الأنابيب داخل الخنادق

٣) يتم عمل الوصلات اللازمة والتأكد من عدم تسريبها للماء وربط الأنابيب مع وغرف التفتيش أو المطابق عن طريق عمل فتحة في جدران المطبق أو غرفة التفتيش تكون مساوية لقطر الماسورة مع مراعاة ما يلي :

أ) لابد من التأكد من ضبط منسوب المطابق أو غرف التفتيش باستخدام جهاز الميزان المساحي أو باستخدام م جهاز الليزربيم كما في الشكل رقم (٣ - ٢٥) .

ب) أن لا تمر الأنابيب داخل غرف التفتيش أو المطابق بل يعمل لها مجاري لمرور المياه والمخلفات في القاعدة الخرسانية .



الشكل رقم (٣ - ٢٥) جهاز الليزربيم لضبط منسوب المطابق

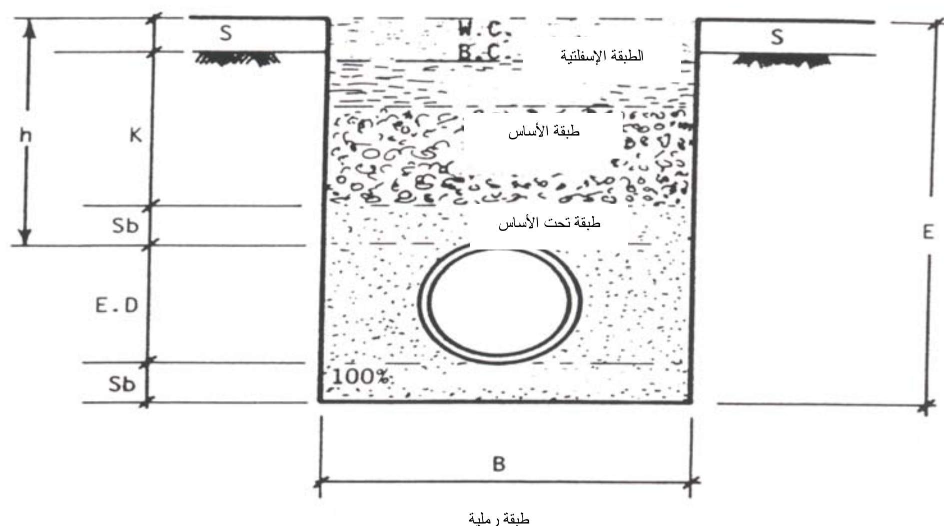
٤) تركيب الصمامات في الغرف الخاصة بها والتأكد من عملها إن وجدت .

٥) غسيل وتعقيم الأنابيب بالكلور لضمان عدم تلويثها .

٦) يراعى وضع طبقة من الرمل حول وأعلى الأنبوب ثم يوضع طبقة تحت الأساس وطبقة الأساس بحيث لا تتجاوز طبقات التربة أثناء الردم عن ٢٠ سم بعد أن يتم خلطها خارج الخندق .

٧) التأكد من وضع الأنابيب بالشكل الصحيح وحسب المخططات من حيث ميلانها الأفقي والرأسي باستخدام الشواخص و الخيوط مع استخدام المعدات اللازمة الأخرى .

٨) وضع طبقة الإسفلت حسب المواصفات المتبعة ودمكها بالرصاصات المخصصة لذلك .



الشكل رقم (٣ -٢٦) يوضح مقطعاً عرضياً للخندق بعد تمديد الأنابيب

عرض الخندق B (م)	سمك طبقة الرمل Sb (م)	الارتفاع فوق الأنبوب h (م)	سمك طبقة الإسفلت S (م)	سمك طبقة الردم K (م)	عمق الخندق E (م)	قطر الأنبوب الخارجي E.D. (ملم)	قطر الأنبوب الداخلي I.D. (ملم)
١,٤٠	٠,١٥	١,٢٥	٠,١٠	١,٠٠	٢,٢٠	٩٠٠	٨٠٠
١,٢٠	٠,١٥	١,٢٥	٠,١٠	١,٠٠	٢,٠٠	٦٠٠	٥٠٠
٠,٩٧	٠,١٥	١,٢٥	٠,١٠	١,٠٠	١,٨٧	٤٧٠	٤٠٠
٠,٧٥	٠,١٥	١,٢٥	٠,١٠	١,٠٠	١,٧٥	٣٥٠	٣٠٠
٠,٥٠	٠,١٥	١,٢٥	٠,١٠	١,٠٠	١,٥٦	١٦٠	١٥٠

المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج



تقنية الإنشاءات المدنية

أعمال ومعدات خلط وصب الخرسانة

أعمال ومعدات خلط وصب الخرسانة

٤

الهدف الموضوعي

أن يتعرف المتدرب على أعمال ومعدات خلط وصب الخرسانة .

موضوعات الباب

٤ - ١ مكونات الخلطة الخرسانية
٤ - ٢ الخلط
٤ - ٣ الصب
٤ - ٤ الدمك
٤ - ٥ الإنهاء والتشطيب
٤ - ٦ المعالجة
٤ - ٧ ضبط الجودة

٤ -١ مكونات الخلطة الخرسانية

تتكون الخرسانة من الركام بأنواعه (الخشن والناعم) – الإسمنت – الماء. بالإضافة إلى حديد التسليح في الخرسانة المسلحة . وسوف نقوم بدراسة كل من هذه المكونات .

٤ -١ -١ الركام

الركام هو الحبيبات الصخرية متدرجة المقاس ويمثل في الخرسانة الجزء المالئ الخامل نسبيا ويشغل حوالي ٧٥ ٪ من حجم الكتلة الخرسانية ويقوم الركام بالأعمال الخرسانية الآتية في الخرسانة :

أ . يكوّن الركام جسم الخرسانة الذي يستطيع أن يقاوم الأحمال التي تتعرض لها وعوامل البري وفعل العوامل الجوية المختلفة .

ب . يعتبر الركام مادة مالئة رخيصة نسبيا لتكوين جسم الخرسانة مع المادة اللاحمة .

جـ . يساعد الركام على إنقاص التغيرات الحجمية التي تتعرض لها الخرسانة .

٤ -١ -١ -٢ التقسيم العام للركام

١ – بالنسبة لوزنه (ثقيل – عادي – خفيف) .

٢ – بالنسبة لمساميته (ركام كثيف التركيب – الركام الخفيف المسامي) .

٣ – بالنسبة لمنشئه (ركام طبيعي – ركام صناعي) .

٤ – بالنسبة لشكل حبيباته (مدور – زاوي – مفلطح – غير منتظم) .

٥ – بالنسبة لطريقة تجهيزه (ركام بمقاساته الطبيعية – ركام جرى تكسيره ميكانيكيا) .

٦ – بالنسبة لمقاس حبيباته (رمل ناعم جدا – رمل خشن – حصى – حصى خشن) .

٤ -١ -١ -٣ اشتراطات صلاحية الركام للخرسانة

١ – أن يكون له مقاومة ومتانة وتحمل مع الزمن .

٢ – خالي من الشوائب .

٣ – لا يلين أو يتحلل تحت تأثير الماء .

٤ – أن يكون متدرج تدرجا قياسيا للركام الخليط بحيث يحقق المساحة السطحية المناسبة لحبيبات الخلطة الخرسانية .

٥ – أن يكون خشن قليل المسام لا يحتاج إلى كمية كبيرة من العجينة الأسمنتية لتغليفه .

٦ – أن يكون له خاصية التماسك القوية مع العجينة الأسمنتية .

٧ – أن يكون المقاس الاعتباري الأكبر في الحدود المسموح بها بشرط أن تكون عمليات الخلط والنقل والتشغيل والصب والدمك سهلة وألا يزيد المقاس الاعتباري الأكبر للركام عن $\frac{1}{4}$ أقل سمك لمقطع العضو الخرساني .

٨ – أن تكون مقاسات معظم حبيبات الركام الشامل (٧٠ – ٨٠ ٪) أقل من أصغر مسافة بين التسليح وأقل من سمك الغطاء الخرساني لحديد التسليح .

٩ – ثبات الركام ضد التجمد والتمدد قدر الإمكان .

٤ -١ -١ -٤ خواص الركام ومدى تأثيرها على الخرسانة

١ – **الفراغات الداخلية في حبات الركام** : تحتوي بعض حبات الركام على فراغات داخلية تزيد من مساميتها وتقلل من مقاومتها مما يقلل من مقاومة الخرسانة للضغط. وكذلك كثرة الفراغات الداخلية يزيد من قدرة حبات الركام على امتصاص الماء والنفاذية مما يؤدي إلى قلة تحمل الخرسانة مع الزمن .

٢ – **تماسك حبيبات الركام مع العجينة الأسمنتية** : تعتبر خاصية التماسك من أهم الخواص التي تحدد درجة جودة الخرسانة وتتوقف قوة تماسك الإسمنت والركام على شكل سطح حبيبات الركام وتساعد خشونة سطح الحبيبات على زيادة التماسك مع العجينة الأسمنتية .

٣ – **شكل حبيبات الركام** : يعتبر الشكل المدور أفضل الأشكال المناسبة لركام الخرسانة. كما تقلل حبيبات الركام المفلطحة والزاوية والعصوية درجة تشغيل الخرسانة وتحتاج إلى زيادة العجينة الأسمنتية. كما تنقص من مقاومة الخرسانة للضغط .

٤ – **التمدد الحراري للركام** : يختلف معامل التمدد الحراري للركام باختلاف نوع الحبيبات وأفضل الأنواع التي يتقارب فيها معامل التمدد الحراري للركام مع معامل تمدد الإسمنت حتى يعملا وحدةً واحدة متجانسة إلى حد كبير .

٥ – **الوزن النوعي للركام** : هو وزن وحدة الحجوم من الركام وكلما زاد الوزن النوعي دل ذلك على جودة الركام حيث يعتبر مقياسا لقلة الفراغات الداخلية للحبيبات. وبالتالي زيادة الوزن النوعي للركام يزيد من مقاومة الضغط للخرسانة. ويتراوح الوزن النوعي بين ٢,٥٠ – ٢,٧٠ طن/م^{٣} .

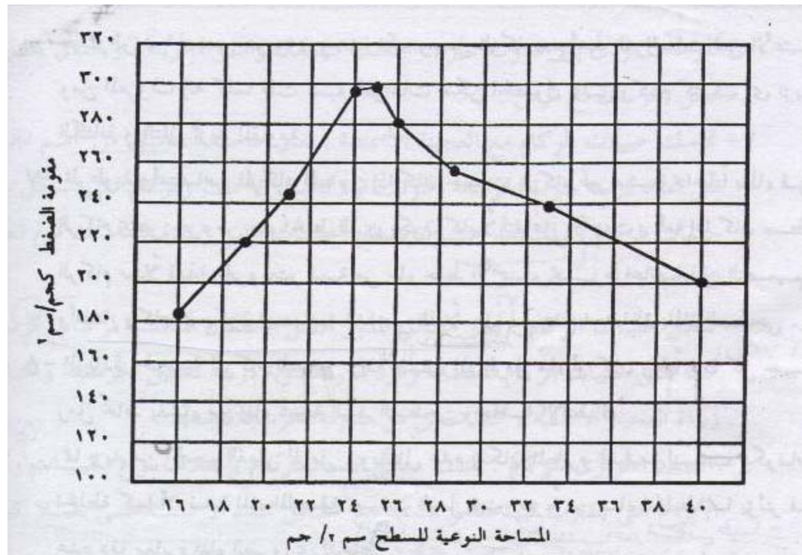
٦ – **الفراغات بين حبيبات الركام** : يعتبر حجم الفراغات بين حبيبات الركام هو الحجم الذي يملأ بالعجينة الأسمنتية لتحقيق الترابط بين حبيبات الركام فكلما زادت الفراغات البينية للركام الخليط زادت الحاجة إلى كمية أكبر من العجينة الأسمنتية والعكس صحيح. ومن المعروف أنه كلما قلت نسبة الفراغات أمكن الحصول على ركام كثيف أي تزيد الكثافة وبالتالي تزيد المقاومة .

٧ – **الرطوبة وامتصاص الركام للماء** : إذا كانت حبيبات الركام غير مشبعة داخليا بالماء فإن الركام يمتص جزء من ماء الخلط الذي يكون كاملا لتفاعل الأسمنت. وأفضل ركام أن يكون امتصاصه الداخلي قليلا جدا مع عدم احتفاظه بالماء السطحي .

٨ – **الزيادة الحجمية للركام الصغير** : إذا أضيف إلى الرمل ماء أو كان رطبا فإن كل حبيبة رمل تحاط بغشاء من الماء نتيجة الشد السطحي وخاصية الالتصاق مما يزيد من الحجم الفعلي للرمل وبالتالي عدم إمكان المعايرة السليمة لنسب مكونات الخلطة .

٩ – **المساحة السطحية لحبيبات الركام** : تعتبر المساحة السطحية للركام أحد العوامل الرئيسية التي تتحكم في جودة الخرسانة نظراً لأن مقاومة الخرسانة للأحمال تتوقف على مقاومة التماسك بين حبيبات الركام والعجينة الأسمنتية والتي تتأثر بالمساحة السطحية حيث يتم التلاصق. فإذا استعمل الركام الكبير فقط مع عجينة الإسمنت يكون الناتج خرسانة ضعيفة المقاومة لأن المساحة النوعية لسطح الركام الكبير صغيرة وهي عادة ٢ – ٥ سم^{٢}/جرام كذلك إذا استعمل الركام الصغير فقط مع عجينة الإسمنت يكون الناتج خرسانة ضعيفة المقاومة لأن المساحة النوعية لمسطح الركام الصغير كبيرة وهي في العادة من ٦٠ – ١٠٠ سم^{٢}/جرام فلا تكفي عجينة الإسمنت الموجودة بقيمة محددة للالتصاق التام لجميع حبيبات الركام وبالتالي تضعف المقاومة للأحمال .

ومن التجارب وجد أن أفضل ركام خليط الذي يعطي مساحة نوعية لسطح الركام الخليط في حدود ٢٥ سم^{٢}/جرام، والشكل التالي يبين العلاقة بين المساحة النوعية ومقاومة الضغط .



شكل رقم (٤ – ١) تغير مقاومة الضغط للخرسانة بالمساحة السطحية للركام

ومن الرسم البياني يتضح لنا أنه بزيادة أو نقصان المساحة السطحية عن الرقم السابق الذكر يؤدي إلى ضعف المقاومة ونحتاج إلى خلط الركام الخشن إلى الركام الناعم بحيث يحقق الخلط المساحة السطحية المذكورة .

١٠ – **التدرج الحبيبي** : يعرف بفصل المقاسات المختلفة بعضها عن بعض أي تعيين توزيع الحجم الطبيعي للركام ويكون ذلك باستخدام التحليل بالمناخل بهز الركام في مجموعة من المناخل القياسية بحيث يكون أكبرها مقاسا من أعلى وأصغرها من أسفل ثم وزن المحجوز على كل منخل وحساب النسبة المئوية للمحجوز ثم النسبة المئوية للمار ورسم منحنى التدرج الحبيبي للركام الخليط الذي يجب أن يقع داخل المنطقة المفضلة المحصورة بالمنحنيات القياسية .

وعادة يؤدي الركام المتدرج تدرجا حسنا إلى درجة تشغيل مناسبة للخرسانة وإلى مقاومة عالية وتوفير في كمية الإسمنت المستخدمة في الخلطة .

١١ – **مقاومة الحبيبات** : تساعد زيادة مقاومة ضغط حبيبات الركام في تحسين مقاومة ضغط الخرسانة وخواصها. وكلما زادت مقاومة الركام زادت مقاومة الخرسانة والعكس صحيح .

٤ -١ -٢ الأسمنت

الأسمنت هو المادة التي لها خاصية التماسك والتلاصق والتي تمكن من ربط جزيئات الركام ومواد البناء لتكوين كتلة بناء متكاملة ويعتبر الإسمنت من أهم المواد الإنشائية فهو يلي الصلب من حيث الأهمية كمادة إنشائية .

٤ -١ -٢ -١ الاستعمالات الرئيسية للأسمنت في أعمال البناء

أ - مادة لاحمة لربط الأجزاء بعضها ببعض مثل مونة الإسمنت والرمل والتي تعمل على تماسك الطوب أو الحجارة ..... الخ .

ب - مادة بياض لتغطية حوائط المباني كمونة أسمنت أو أسمنت صافي .

جـ - مادة بناء لعمل أجزاء المباني الخرسانية كالأساسات والأعمدة والكمرات والبلاطات .... الخ بعد خلطها مع الركام المناسب لتكوين خلطة خرسانية .

٤ -١ -٢ -٢ مكونات الإسمنت البورتلاندي

الأسمنت البورتلاندي هو المادة الناتجة من طحن وتنعيم ناتج حرق الحجر الجيري والمواد الطينية (مع نسبة بسيطة من الألمونيا وأكسيد الحديد والسيليكا) .

نسبة تركيب المواد الخام للأسمنت

.يجب أن يحتوى مخلوط المواد الخام الأولية في صناعة الإسمنت على ٧٥ – ٧٧ ٪ كربونات كالسيوم ، ٢٣ – ٢٥ ٪ طين .

٤ -١ -٢ -٣ طرق صناعة الأسمنت

تتم صناعة الإسمنت البورتلاندي بطريقتين رئيسيتين هما : الطريقة الجافة والطريقة الرطبة .

أ ـ الطريقة الجافة

وفيها تكون المواد الخام الطينية والأحجار الجيرية جافة في جميع مراحل الصناعة وهى تفضل عن الطريقة الرطبة في حالة ارتفاع سعر الوقود أو عدم توافر المياه اللازمة في بلاد الجزيرة العربية أو عندما تكون المواد الخام صلبة لا يسهل تفتتها بالماء .

ب ـ الطريقة الرطبة

وفيها تخلط الخامات المستخدمة مع كمية ماء تترواح بين ٣٢ ـ ٤٠ ٪ من الخليط وهى تفضل عن الطريقة الجافة عندما تحتوى المواد الخام على نسبة رطوبة عالية وتوافر موارد المياه .

٤ -١ -٢ -٤ الخواص الميكانيكية والطبيعية للأسمنت البورتلاندي

أ ـ نعومة الإسمنت Finness of cement

إن زيادة نعومة الإسمنت تزيد من المساحة السطحية للأسمنت مما يساعد على سرعة تفاعل الإسمنت مع الماء المضاف إليه كما أن حبيبات الإسمنت الخشنة لا يتفاعل الجزء الداخلي منها مع الماء إلا بعد فترة طويلة وقد لا يتفاعل هذا الجزء مطلقا في الخلطات الجافة ولذلك فإن نعومة الإسمنت تعطي له قوة مبكرة كبيرة وتساعد على ثبات حجمه وتقلل من انكماش الخرسانة وتحسن من قابليتها للتشغيل وتنص المواصفات القياسية على أن درجة نعومة الإسمنت يجب أن تكون بحيث لا يتبقى على المنخل رقم ٢٠٠ أكثر من ٢٢ ٪ (مواصفات الجمعية الأمريكية لاختبار المواد) .

ويمكن تحديد نعومة الإسمنت بحساب المساحة السطحية بجهاز بلين وهي تتراوح بين ٢٤٠٠ – ٢٨٠٠ سم^{٢} / جرام للأسمنت البورتلاندي العادي وبين ٣٥٠٠ – ٤٢٠٠ سم^{٢} / جرام للأسمنت سريع التصلد وتتوقف نعومة الإسمنت على طريقة صناعته ومكوناته الكيميائية ودرجة الاحتراق والطحن ومدته ونوع الطواحين المستعملة .

ب ـ الوزن النوعي Specific weight of cement

يكون الوزن النوعي للأسمنت حوالي ٣,١٥ وتتوقف قيمته على مكونات الإسمنت الكيميائية وعلى نعومة الإسمنت ويستعمل في بعض طرق تصميمات الخلطات الخرسانية .

جـ ـ زمن شك وتصلد الإسمنت البورتلاندي العادي Setting time of cement

عند إضافة الماء إلى الإسمنت تتكون عجينة لدنة تفقد لدونتها بمرور الوقت وعندما تفقد عجينة الإسمنت هذه اللدونة تماما يقال أنها قد شكت وهناك زمن شك ابتدائي وزمن شك نهائي للأسمنت وتتطلب المواصفات ألا يقل زمن الشك الابتدائي عن ٤٥ دقيقة وألا يزيد زمن الشك النهائي عن عشر ساعات حيث أن قلة زمن الشك الابتدائي لا يسمح بوضع المونة في مكانها صالحة كمادة لاحمة ولا يعمل على تصلد الخرسانة قبل نقلها ووضعها في مكان الصب كما أن زيادة زمن الشك النهائي يعمل على تأخير إزالة الشدات الخشبية ويؤخر إتمام الإنشاء واستعمال المنشأ ، وتؤثر العوامل الآتية على زمن شك الإسمنت :

١ – التركيب الكيميائي ونسبة الجبس المضاف .

٢ – درجة التكليس ودرجة النعومة .

٣ – درجة الحرارة والرطوبة .

٤ – كمية الماء المضاف للخلط ومدة الخلط .

د ـ مقاومة الإسمنت البورتلاندي Strength of cement

نظرا لأن مقاومة الشد في الإسمنت ضعيفة جدا فإن مونة الإسمنت والخرسانة تكون هي أيضا ضعيفة وليست ذات أهمية ولا يعتبر اختبار الشد اختبارا قياسيا في المواصفات .

أما مقاومة الضغط للأسمنت فهي عالية ولذلك فإن مقاومة الخرسانة للضغط والمونة أيضا عالية ويحدد إجهاد الضغط باختبار قوالب مكعبة من مونة الإسمنت والرمل طول ضلع المكعب ٧,٠٦ سم (أي مساحة سطح المكعب = ٥٠ سم^2) .

٤ -١ -٢ -٥ العوامل المؤثرة على مقاومة ضغط الأسمنت

أ ـ كلما قلت درجة حرارة حرق مواد الإسمنت عن الدرجة المطلوبة تقل مقاومة الإسمنت للضغط .

ب ـ زيادة نعومة حبيبات الإسمنت تزيد من مقاومة ضغط الإسمنت .

جـ ـ كلما زادت نسبة ثالث سليكات الكالسيوم و / أو ثالث ألومنيات الكالسيوم في الإسمنت تزيد مقاومة الإسمنت المبكرة .

د ـ تزيد مقاومة الإسمنت بمعدل يتناقص كلما زاد الزمن ، كما هو موضح بالرسم المبين .



شكل رقم (٤ - ٢) يوضح مقاومة الأسمنت بمعدل يتناقص كلما زاد الزمن

هـ - تقل مقاومة مونة الإسمنت كلما زادت كمية الرمل بها وقلت كمية الإسمنت .

٤ -١ -٢ -٦ ثبات حجم الإسمنت **Soundness of cement**

يقصد بثبات حجم الإسمنت عدم زيادة حجم الإسمنت بعد تمام عملية الشك نتيجة تمدد بعض المواد الداخلة في تكوين الإسمنت .

٤ -١ -٢ -٧ أسباب عدم ثبات حجم الأسمنت

أ - لا يتفاعل الجير الحي الموجود بالأسمنت بسرعة مع الماء وعندما تخترق الرطوبة غلاف حبيبة الجير يكون الإسمنت قد بدأ يشك وعندما يبدأ إطفاء الجير الحي يزداد حجمه فيسبب تفتت وتشريخ الخرسانة أو مونة الإسمنت ومن هنا تبدأ أهمية إضافة الجير بالنسبة المناسبة لتأخير زمن شك الإسمنت حتى يتم إطفاء الجير الحي قبل أن يتصلد الإسمنت ويمكن تقليل عدم ثبات الحجم بزيادة نعومة الإسمنت حيث أن ذلك يساعد الجير الحي على التفاعل بسرعة مع الماء لصغر حجم الحبيبات.

ب - وجود نسبة عالية من الماغنسيوم بالأسمنت تتطلب مدة أطول من زمن شك الإسمنت حتى يتم إطفاؤها فتسبب عدم ثبات حجم الإسمنت ولذلك تنص المواصفات على عدم زيادة نسبة الماغنسيوم بالأسمنت عن ٤ ٪ .

جـ - وجود الكبريتات بالأسمنت يتسبب في تكوين كبريتات الكالسيوم الألومينية وكلما زادت كميتها تسبب عدم ثبات حجم الإسمنت ولذلك تنص المواصفات على ألا تزيد نسبة ثالث أكسيد الكبريت بالأسمنت عن ٣ ٪ .

٤ -١ -٢ -٨ أنواع الإسمنت البورتلاندي

إن دراسة المواد الخام ومكونات الإسمنت البورتلاندي وتحديد خواص كل منها جعلت من الممكن الحصول عن طريق تغيير نسب هذه المكونات على أنواع مختلفة من الإسمنت البورتلاندي كل منها يتميز

بخواص معينة تجعله صالح لاستعمالات معينة كما سيأتي فيما بعد وجميع هذه الأنواع تشترك في خاصية التصلب والشك الذي يتميز به الإسمنت .

١ – الإسمنت البورتلاندي سريع التصلد (أسمنت سوبر كريت)

High early strength portland cement

يصنع هذا الإسمنت بحرق المواد الخام الغنية بالجير ثم يطحن لدرجة عالية من النعومة وهو يحتوي على نسبة عالية من ثالث سليكات الكالسيوم وثالث الومينات الكالسيوم مما يساعد على الحصول على معظم مقاومة الإسمنت بعد اليوم الأول وعلى كل مقاومة الإسمنت تقريبا بعد في الثلاثة أيام الأولى وزمن الشك لهذا الإسمنت مماثل تقريبا لزمن شك الإسمنت البورتلاندي العادي. وتكاليف هذا النوع من الإسمنت حوالي ٢٠ – ٣٠ ٪ زيادة عن الإسمنت البورتلاندي العادي ويكون أرخص اقتصاديا في بعض الأحيان عند الاستعمال لسرعة فك الشدات الخرسانية وسرعة استعمال المنشأ والاستفادة منه اقتصاديا مما يعوض زيادة تكاليف الإسمنت .

ويستعمل في صناعة الخرسانة الجاهزة حتى يمكن نقلها بعد فترة قصيرة من صبها بعد أن تكون اكتسبت المقاومة المطلوبة التي تمكن من ذلك .

ودرجة حرارة تفاعل هذا الإسمنت مع الماء عالية ويجب العناية بسرعة معالجته بالماء حتى لا يتسبب اختلاف درجة الحرارة في الأجزاء المختلفة عن اجهادات شد داخلية في الخرسانة تساعد على حدوث تشققات بها ولا يفضل استعمال هذا الإسمنت في المنشآت الخرسانية ذات القطاعات الضخمة .

٢ – الإسمنت البورتلاندي ذو حرارة التفاعل المنخفضة Low heat portland cement

بمقارنة هذا الإسمنت بالأسمنت البورتلاندي العادي نجد أنه يحتوي على نسبة صغيرة من الجير ونسبة عالية من السليكا كما انه أكثر نعومة والحرارة المنبعثة نتيجة تفاعله مع الماء حوالي ثلث الحرارة المنبعثة من الإسمنت البورتلاندي العادي وهذا يساعد على تقليل التمدد والانكماش بالخرسانة وهو يحتوي على نسبة أقل من ثالث سليكات الكالسيوم ونسبة أكبر من ثاني سليكات الكالسيوم مما يساعد على بطء تصلبه ويجعله أكثر صلاحية للاستعمال في المنشآت الخرسانية الكتلية التي تحتاج لوقت كبير لصبها مما يساعد على جعل انكماشها وتمددها في النهاية ككتلة واحدة. ومقاومة خرسانته أضعف في الأيام الأولى من الصب ولكنها تتساوى بمرور الوقت مع مقاومة خرسانة الإسمنت البورتلاندي العادي .

٣ – الإسمنت البورتلاندي الأبيض White portland cement

يصنع الإسمنت البورتلاندي الأبيض بنفس طريقة صناعة الإسمنت البورتلاندي العادي بحرق الحجر الجيري النقي مع الطين الأبيض النقي ولكنه يختلف عنه في أن نسبة أكاسيد الحديد به لا تزيد عن ٠,٥ ٪ مما يكسبه اللون الأبيض وأكاسيد الحديد هي التي تعطي الإسمنت البورتلاندي العادي اللون الرمادي. ويستعمل هذا الإسمنت في صناعة البلاط وأعمال ديكور المباني وفي البياض الخارجي للمباني ولصق الرخام والبلاط والقيشاني والأدوات الصحية وفي صناعة كتل الواجهات .

٤ – الإسمنت البورتلاندي الملون Coloured portland cement

يتكون هذا الإسمنت من الإسمنت البورتلاندي الأبيض المضاف إليه ألوان مناسبة خاملة لا تتفاعل مع الإسمنت ولا تتأثر بالجير ولا يتغير لونها ويجب ألا تزيد كميتها عن ١٠ ٪ من وزن الإسمنت حتى لا تقلل من مقاومة الإسمنت .

٥ – الإسمنت البورتلاندي المقاوم لنفاذ الماء Water tight portland cement

وجد أن إضافة ٢ ٪ من سترات الصوديوم للأسمنت عند صناعته تكسب الإسمنت البورتلاندي مقاومة لنفاذ الماء. ويكون ذلك نتيجة تكون سترات الكالسيوم عند إضافة الماء للأسمنت وهو مادة طاردة للماء فتعمل على تحسين خواص مقاومة الخرسانة لنفاذ الماء ويجب زيادة محتوى الإسمنت في الخلطات الخرسانية المستعملة .

٦ – الإسمنت البورتلاندي الحديدي Blast furnace slag portland cement

يستعمل الطين والحجر الجيري كعامل مساعد في صناعة الحديد بطريقة الفرن العالي وهذا يساعد على توافر كميات كبيرة من خبث الحديد في مصانع الحديد والصلب ويكون تركيبه الكيميائي :

السليكا	من ٣٠ – ٤٠ ٪
الألومينا	من ٨ – ١٨ ٪
أكسيد الكالسيوم	من ٤٠ – ٥٠ ٪

وهو يشبه إلى حد ما انتج تكليس الحجر الطيني والجير. وتحدد المواصفات البريطانية نسبة جلخ الحديد الداخل في صناعة الإسمنت البورتلاندي الحديدي بحوالي ٦٥ ٪ أما المواصفات الأمريكية فتحدده بنسب تتراوح بين ٢٥ – ٦٥ ٪ واستعمالات الإسمنت الحديدي هي نفس استعمالات الإسمنت البورتلاندي العادي .

مزايا الإسمنت البورتلاندي الحديدي

أ ـ أرخص من الإسمنت البورتلاندي العادي .

ب ـ أكثر مقاومة لماء البحر والكيماويات لاحتوائه على نسبة أقل من أكسيد الكالسيوم ونسبة أعلى من السليكا والألومينا .

جـ ـ درجة الحرارة المنبعثة منه عند تفاعله مع الماء أقل منها في حالة الإسمنت البورتلاندي العادي مما يجعله أكثر صلاحية للاستعمال في المنشآت الخرسانية ذات الكتل الكبيرة .

٧ – الإسمنت عالي الألومينا High alumina cement

يصنع هذا الإسمنت بصهر المواد الجيرية والمواد الألومينية (الجير والبوكسيت) حتى السيولة ثم تبريد الناتج وطحنه ناعما بدون إضافة مواد أخرى بعد صهر المواد الخام سوى الماء. ونسبة الألومينا في هذا الإسمنت عالية ويتراوح قيمتها بين ٣٥ – ٤٤ ٪ مما يساعد على سرعة تصلب الإسمنت وحصوله على مقاومته القصوى في ٢٤ ساعة بينما يحتاج الإسمنت البورتلاندي العادي إلى ٢٨ يوم للحصول على معظم مقاومته القصوى نتيجة تكون الومينات الكالسيوم الأحادية والتي يصحبها ارتفاع كبير وسريع في درجة الحرارة وإذا خلط هذا الإسمنت مع الإسمنت البورتلاندي العادي ينتج منهما أسمنت يشك في لحظات .

مزايا الإسمنت عالي الألومينا

أ ـ الحصول على قوة تحمل مناسبة بعد ٢٤ ساعة .

ب ـ يقاوم تأثير الكبريتات والأحماض المخففة وماء البحر أكثر من أي نوع من الإسمنت البورتلاندي .

عيوب الإسمنت عالي الألومينا :

- يفقد جزء من مقاومته عند ارتفاع درجة الحرارة إلى أكثر من ٣٠° م ولذلك لا يستعمل في البلاد والمناطق الحارة.
- تكاليف هذا الإسمنت تصل إلى ثلاثة أمثال الإسمنت البورتلاندي العادي .
- يجب عدم استخدام الإسمنت عالي الألومينا في المنشآت الخرسانية ذات الكتل الضخمة نتيجة الحرارة الكبيرة المنبعثة عند التفاعل مع الماء حيث أن الانكماش والتمدد سيكون كبيرا فيسبب تشققات بالخرسانة .

٨ – الإسمنت المخلوط (الإسمنت كرنك)

يتكون الإسمنت الكرنك بخلط كلنكر الإسمنت البورتلاندي العادي مع ٢٥ ٪ رمل سيليسي ثم الطحن لدرجة نعومة كبيرة وهذا الإسمنت رخيص الثمن وتبين الأبحاث أن الإسمنت الكرنك تقل مقاومته في الضغط عن الإسمنت البورتلاندي العادي بحوالي ٣٠ – ٣٥ ٪ .

٩ – الإسمنت البورتلاندي المقاوم لمياه البحار Sea water cement

ويسمى بالأسمنت المقاوم للكبريتات والمياه المالحة ويصنع بخلط الحجر الجيري بالرمال مع الطين مع إضافة بيريت الحديد أو مصدر من مصادر الحديد ليعطي نسبة عالية من رابع ألومينات حديد الكالسيوم ويستعمل في المنشآت الخرسانية المعرضة لمياه البحار وأرصفة المواني وحواجز الأمواج وفي الأساسات المعرضة لمياه تحتوي على نسبة عالية من الكبريتات.

٤ -١ -٣ ماء الخلط

٤ -١ -٣ -١ وظيفة ماء الخلط

١ – يعمل على إماهة الإسمنت وتفاعله مكونا عجينة الإسمنت التي تعتبر المادة الفعالة في الخرسانة والتي تعمل على تماسك حبيبات الركام. ويحتاج كل جزء من الإسمنت إلى ٠,٣٠ من وزنه تقريبا من الماء وذلك لإتمام إماهته .

٢ – يعمل الماء على بلل الركام وهو بذلك يحيطه بطبقة من الماء تحول دون امتصاص حبيبات الركام للماء اللازم لعملية الإماهة .

٣ – يقوم الماء بما يشبه فعل التشحيم فهو يساعد على قابلية التشغيل .

ويوصى بتقليل الماء المستخدم بغرض التشحيم إلى نهايته الصغرى إذ أن الماء المستخدم بغرض زيادة قابلية التشغيل يؤدي إلى نقص في المقاومة النهائية وذلك نتيجة التبخر الذي يحدث للماء الزائد تاركا فراغات تضعف من كثافة الخرسانة ومن ثم من مقاومتها. ويؤخذ ماء الخلط على هيئة نسبة بين الماء والأسمنت ، وكلما زادت نسبة الماء للأسمنت قلت المقاومة ووجد أن أفضل نسبة للماء إلى الإسمنت تساوي ٠,٤٢ وهي اللازمة لإماهة الإسمنت وكذلك أقل كمية ماء للتشحيم وقابلية التشغيل وباستخدام الدمك والخلط الميكانيكي نصل إلى أعلى مقاومة للخلطة الخرسانية .

٤ -١ -٣ -٢ مشاكل ماء الخلط

تتوقف كمية الماء اللازمة على العوامل التالية :

١ – درجة التشغيل المطلوبة للخرسانة الطازجة التي تتطلب قواما معينا لغرض معين .

٢ – نوع العمل الهندسي نفسه فخرسانة رصف الطرق تحتاج إلى ماء خلط أقل من الخرسانة المستخدمة في هياكل المباني .

٣ – كمية الإسمنت الموجودة بالخلطة الخرسانية .

٤ – درجة الدمك وطريقة تنفيذه فالدمك الميكانيكي يحتاج إلى كمية أقل من ماء الخلط عن الدمك اليدوي .

٥ – نوع الركام ومدى تدرجه الحبيبي ومقدار مساحته السطحية .

٦ – درجة حرارة الجو ومقدار رطوبته النسبية .

٤ -١ -٣ -٣ آثار زيادة ماء الخلط على الخرسانة

١ – حدوث انفصال حبيبي للخرسانة الطازجة .

٢ – حدوث ظاهرة النضح وهي تواجد طبقة من الإسمنت اللباني على سطح الخرسانة .

٣ – الحصول على خرسانة متصلدة ذات فراغات .

٤ – صعوبة وصل الخرسانة القديمة بالخرسانة حديثة الصب .

٥ – صعوبة صب الخرسانة في الأجواء شديدة البرودة .

٦ – وجود طبقة ترابية بسطح البلاطات الخرسانية من الإسمنت .

٤ -١ -٣ -٤ أنواع الخرسانة بالنسبة لكمية ماء الخلط

يختلف نوع الخرسانة تبعاً لكمية ماء الخلط المستخدم كما يلي :

١ – خرسانة جافة القوام : وتحدث إذا كانت كمية الماء قليلة بدرجة ملحوظة .

٢ – خرسانة لدنة القوام : وفيها تكون نسبة الماء إلى الإسمنت مناسبة وتعطي خرسانة لدنة القوام وإذا زادت كمية الماء تعطي قواماً طرى للخرسانة وإذا قلت تعطي قواماً جافاً .

٣ – خرسانة مبتلة القوام : إذا زادت كمية المياه عن الحد المناسب فإن الخرسانة الناتجة تكون منهارة القوام ضعيفة المقاومة يظهر بها الانفصال الحبيبي والنضح .

٤ -١ -٤ حديد التسليح

تختلف أنواع حديد التسليح حسب مقاومة الإجهادات ويسمى كل نوع طبقا لمقاومته القصوى. ويستخدم الحديد في الخرسانة المسلحة لتحمل إجهادات الشد والقص وتوضع أقل قيم مسموح بها في أماكن الضغط حيث أن الخرسانة تتحمل الضغط بكفاءة عالية إلا أنها ضعيفة في تحمل الشد والقص ويجب على المراقب تطبيق تفاصيل حديد التسليح الموجودة بالرسومات الإنشائية ومراجعة العمال باستمرار قبل

الصب . ويجب أن تكون الأسياخ مستقيمة خالية من الصدأ والزيوت والأوساخ الأخرى التي تمنع التصاق الحديد مع الخرسانة .

وتصنع أسياخ الحديد بأقطار مختلفة تتراوح بين ٦ ملم إلى ٣٢ ملم وقد تصنع بأقطار أكبر من ذلك حسب الطلبيات . كذلك تصنع الأسياخ إما ملساء أو بها نتوءات دائرية المقطع وتوجد أشكال مختلفة للأسياخ ذات النتوءات لتسليح الخرسانة.

كما تصنع أسياخ أو أسلاك الصلب قليلة القطر على هيئة شبكة منسوجة أو ملحومة معا وتكون الشبكة إما مربعة أو معينة الفتحات كما تكون على هيئة حصيرة أو لفة وتستخدم هذه الشبكات لتسليح بلاطات الأسقف والطرق وبلاط الأرضيات. وتستخدم في الأماكن التي تحتاج إلى شبك ذات أقطار صغيرة من حديد التسليح .

٤ -١ -٤ -١ أنواع حديد التسليح

يمكن تقسيم حديد التسليح إلى الأنواع الرئيسية الآتية :

أ ـ **الصلب الطري العادي** : وتكون مقاومته للشد ٣٧ كجم/مم^{٢}.

ب ـ **الصلب العالي المقاومة** : ويستخدم بإحدى الصورتين الآتيتين :

١ – صلب ٥٢ : ومقاومته للشد لا تقل عن ٥٢ كجم/مم^{٢}.

٢ – **صلب معالج على البارد** : وهو صلب تعرض لعمليات التشغيل على البارد بالشد أو اللي أو كليهما لكي يكتسب مقاومة عالية في الشد لا تقل عن ٥٠ كجم/مم^{٢}.

والغرض من استخدام الصلب عالي المقاومة في تسليح الخرسانة هو الوفر في كميات حديد التسليح المستخدم وما يتتبعه من إمكان الاختصار في أبعاد الخرسانة نفسها ويراعى أن الصلب عالي المقاومة يستخدم مع الخرسانات التي لا تقل مقاومتها عن ٢٠٠ كجم/سم^{٢} حتى تتناسب الإجهادات المرتفعة في الصلب مع إجهادات الضغط في الخرسانة وزيادة مقاومة التماسك .

٤ -٢ الخلط

٤ -٢ -١ الغرض من الخلط

الغرض الأساسي من عملية الخلط هو تحويل مكونات الخرسانة (رمل ، زلط ، أسمنت ، ماء) إلى خليط متجانس التكوين والقوام في أقل وقت ممكن بشرط أن تكون كل حبيبات الرمل والزلط مغطاة بعجينة الإسمنت لذلك يجب أن تأخذ هذه العملية الاهتمام اللازم .

٤ -٢ -٢ الطرق المختلفة لخلط الخرسانة

هناك طريقتين لخلط الخرسانة وهما :

أ ـ الخلط اليدوي : وهي الطريقة البدائية المستخدمة في عملية الخلط قديما حيث تجمع جميع مكونات الخرسانة بأي ترتيب وتخلط مع بعضها ولكن بإتباع طريقة منتظمة تساعد على توفير الوقت والجهد وضمان حصول على خرسانة متجانسة ولابد أن تتم عملية الخلط على سطح منتظم ومستوي وغير منفذ للماء شكل (٤ - ٣) حيث يفرد الرمل أولا في المكان المخصص ومن ثم يفرد الإسمنت فوق الرمل بانتظام ثم يخلط خلطا جيدا مستخدما الجاروف حتى يكون الخليط منتظم اللون ، وبعد ذلك يضاف إليه الكمية المطلوبة من الزلط ويستمر الخلط على الناشف قبل إضافة الماء حتى يتوزع الزلط تماما وتحتاج هذه العملية لثلاث قلبات على الأقل بعدها يعمل تجويف في الوسط وتصب فيه كمية من الماء المطلوب وببطء ويستمر في تقليب الخليط من الخارج إلى الداخل حتى ينتظم قوام الخلطة وبعدها نحصل على خليط متجانس وقابل للتشغيل .

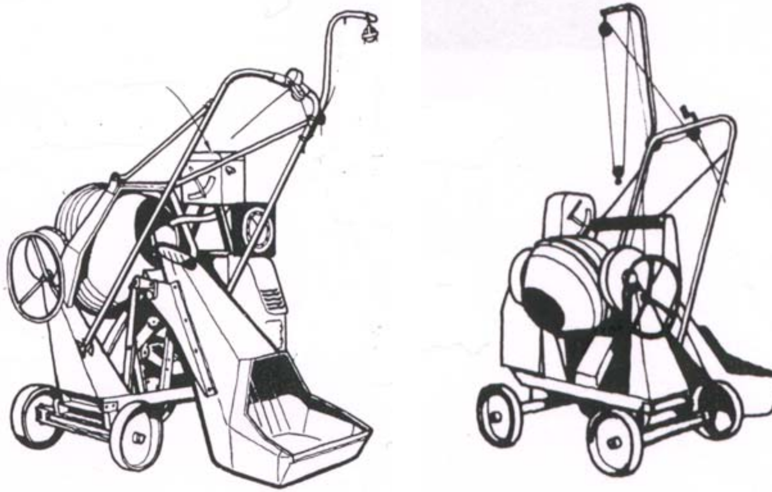








شكل رقم (٤ – ٣) عملية الخلط اليدوي



شكل رقم (٤ – ٤) خلاط يمكن إمالته

ب ـ **الخلط الميكانيكي** : باستعمال الخلاط وهو عبارة عن اسطوانة داخلها ألواح معدنية تسمى مراوح التحريك وهي تساعد على الخلط بطريقة منتظمة. ويمكن تفريغ الخرسانة إما عن طريق الإمالة للاسطوانة أو عن طريق المراوح الداخلية بحركة عكسية حيث تدفع الخرسانة إلى الخارج .

أما كيفية تعبئة الخلاط فهي بإحدى الطرق التالية :

١ – بواسطة الجاروف .

٢ – بواسطة الوعاء الرافع حيث توضع المواد في الوعاء ويرفع إلى الخلاط ميكانيكيا .

٣ – بواسطة الناقل الحلزوني ويستخدم هذا في الخلاطات المستمرة .

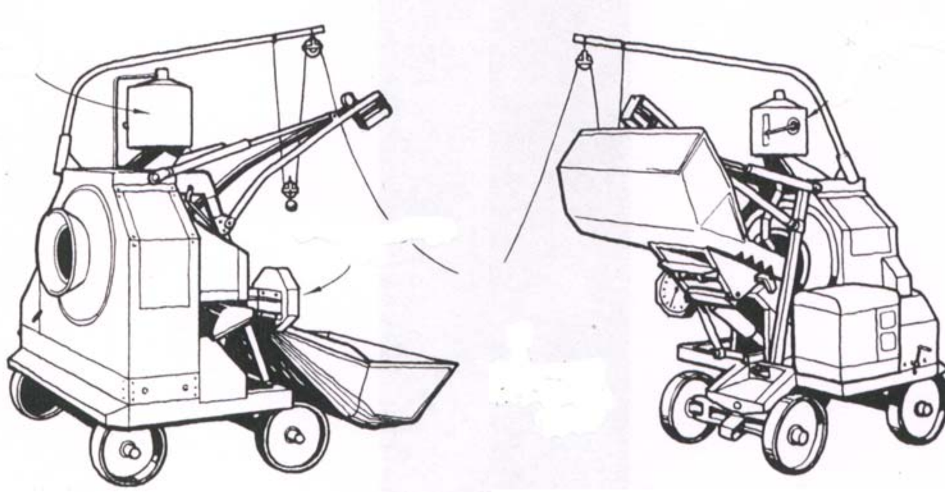
٤ – بواسطة السيور الناقلة وهي الطريقة المستخدمة حاليا حيث توضع المواد في قمع بواسطة اللودر (الشيول) وتستخدم هذه المواد عند الحاجة إليها من خلال بوابة أتوماتيكية ومن ثم ننقل هذه المواد من القمع عبر سير متحرك إلى الخلاط .

٤ -٢ -٣ أنواع الخلاطات

في هذه الفقرة سوف نقوم بتعريف موجز عن أنواع الخلاطات حيث يوجد ثلاث أنواع أساسية للخلاطات الخرسانية وهي :

١ – **الخلاط المستمر** : ويسمى كذلك لأنه يعمل باستمرار أي توضع المواد (الركام ، الإسمنت ، الماء) وفي نفس الوقت يستقبل الناتج دون توقف وهو نظام قديم ولا يعطي خليط متجانس .

٢ – **خلاط العبوة الواحدة** : وهو النوع المستخدم حديثا حيث توضع فيه المواد دفعة واحدة لخلطة واحدة فقط ومن ثم تفريغها وإعادة العملية مرة ثانية وهكذا .



شكل رقم (٤ – ٥) خلاط مستمر لا يمكن إمالته

٣ – **سيارات الخلط**

وهي عبارة عن عربة لنقل الخرسانة من الخلاطات في مراكز الخلط إلى منطقة العمل وتقوم هذه العربة أثناء سيرها أو توقفها في منطقة العمل بإعادة الخلط حتى لا تنفصل المواد الثقيلة عن المواد الخفيفة مما يتسبب في عملية الانفصال الحبيبي كذلك تكون هذه العربة مجهزة بخزان ماء حتى تتم عملية الخلط في موقع العمل إذا كانت الخلطة جافة .



شكل رقم (٤ - ٦)

٤ -٢ -٤ تصنيف أنواع الخلط بالنسبة لمكان الخلط

يمكن أن يتم خلط الخرسانة في ثلاثة أماكن كما يلي :

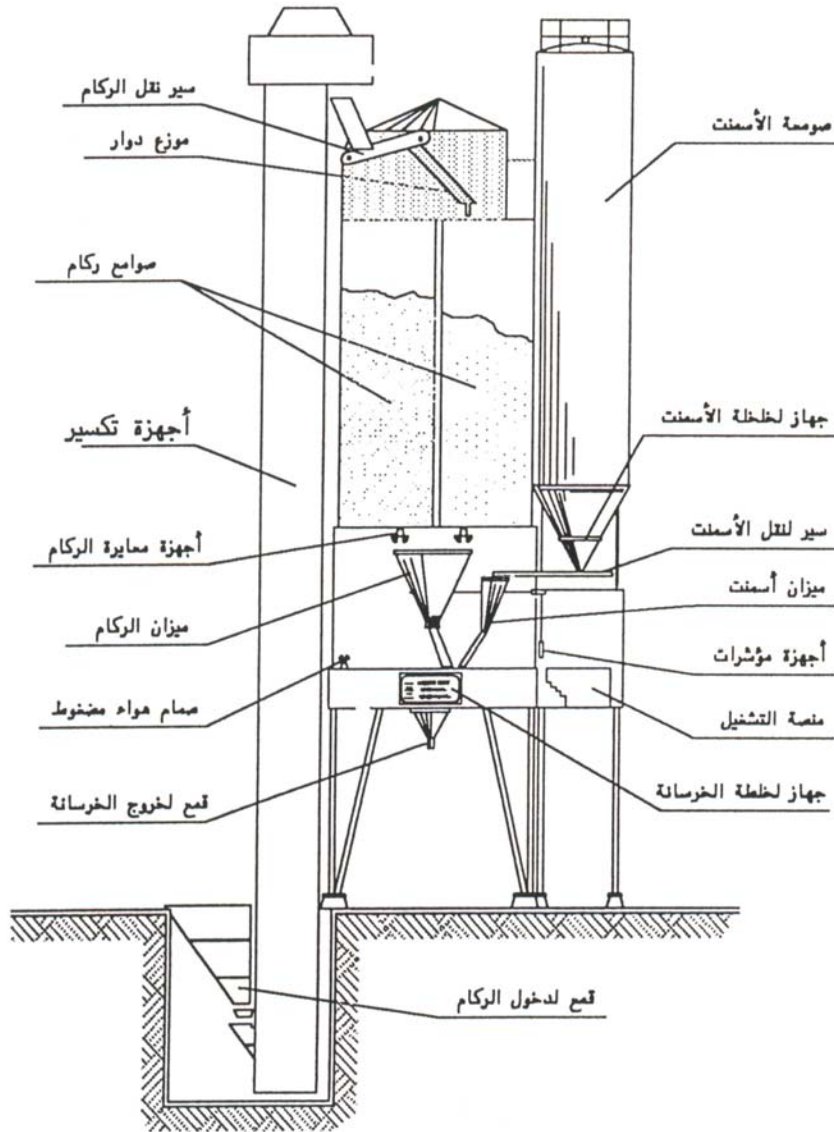
١ – الخلط في موقع العمل

في هذه الحالة توضع الخلاطة في المكان المناسب من المشروع وخاصة إذا كان الموقع المراد هو مبنى إنشائي ومن ثم يكون تشوين المواد قريبة من الخلاطة. وفي الخلط في الموقع ميزة خاصة حيث يكون الإشراف على مطابقة نسب الخلط أمام المهندس المشرف بحيث لو ظهر أي عيب في الخرسانة فإنه يمكن علاجها مباشرة كذلك من مميزاتها الإشراف على مدة الخلط ومنع أي احتمال لشك الخرسانة قبل صبها .

٢ – الخلط في خلاطات مركزية

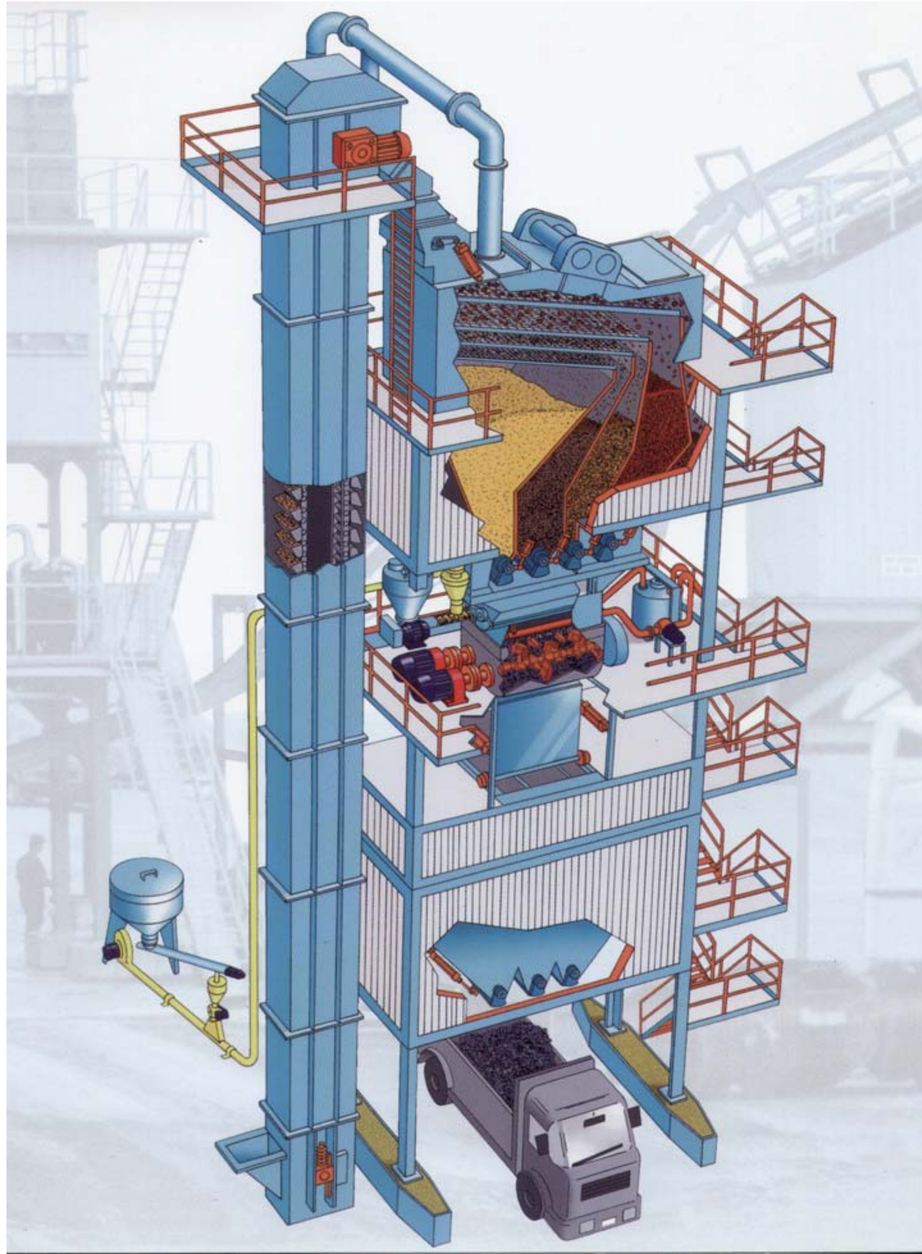
في هذه الحالة توضع الخلاطة المركزية في مكان بعيدا عن أماكن التجمعات السكنية حيث تنقل الخرسانة الطازجة في سيارات خاصة إلى موقع العمل لذا يجب العناية بنقل الخرسانة المخلوطة من الخلاطة المركزية بكيفية خاصة لمنع الانفصال الحبيبي. كذلك يجب أن تصل للموقع وهي بحالة جيدة

وقابلة للتشغيل وقبل أن تبدأ الخرسانة بالشك الابتدائي. وإذا لم يتيسر تحقيق تلك الشروط فيجب أن تنقل الخرسانة وهي جافة ويتم الخلط في الموقع .



رسم توضيحي لبرج تصنيع الخرسانة

شكل رقم (٤ – ٧)



شكل رقم (٤ – ٨) الخلط في خلاطات مركزية

٣ – الخلط أثناء النقل

كما ذكرنا في الفقرة السابقة عندما يكون موقع العمل أو المشروع بعيدا عن موقع الخلاطة لمركزية أو إذا كانت عملية النقل تستغرق وقت طويل أو أن تكون درجة حرارة الجو مرتفعة مما ينتج عنه فقدان الماء نتيجة التبخر في مثل هذه الحالات يلزم استخدام سيارات نقل خاصة تسمى (خلاطات) كما

بالشكل رقم (٤ – ٩) وتكون مجهزة بمراوح داخل الاسطوانة لعملية الخلط ومن مميزات تلك الطريقة أنه يمكن تأجيل إضافة الماء إلى الخلطة حتى تقترب من موقع المشروع .



شكل رقم (٤ – ٩)

٤ -٣ الصب

لا شك أن عملية الصب من العمليات المهمة التي تمر بها الخرسانة لأنه يتم خلال فترة بسيطة وهي الفترة التي تتحول فيها مكونات الخرسانة من مكوناته الأولية (أسمنت ، زلط ، رمل ، ماء) إلى مادة لدنة تتحول بعدها إلى مادة صلبة متماسكة جدا لذا يجب الاهتمام بعملية الصب لكي نحصل على خرسانة ذات مقاومة عالية .

٤ -٣ -١ العوامل التي تؤثر على عملية الصب

هناك عوامل تؤثر على عملية الصب نحاول حصرها بالآتي :

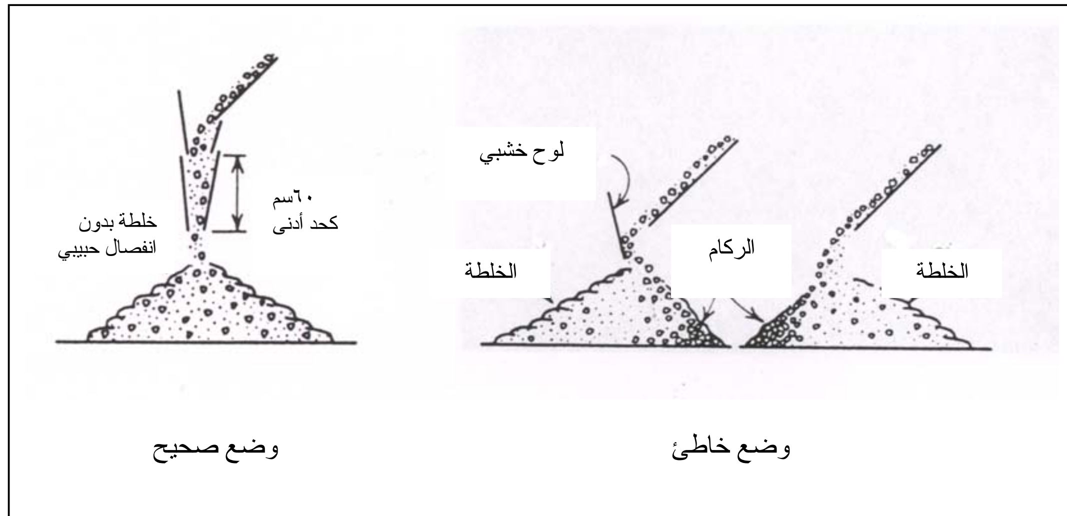
١ – الإعداد لعملية الصب

هناك بعض الأمور التي يجب الاهتمام بها قبل عملية الصب وهي مراجعة المقاسات والأبعاد والمناسيب وحديد التسليح والنظافة وغيرها لأن أي أخطاء في ذلك لا يمكن إصلاحها بعد الصب أو قد يكون من الصعب إصلاحه حيث تأخذ الخرسانة في التصلد . كما يجب على المهندس التأكد من جميع المعدات المستخدمة مثل الهزازات ، الخلاطات ، .... الخ .

كذلك يجب الاهتمام بسلامة الفنيين والعمال وذلك بتثبيت السقالات والممرات المستخدمة في العمل .

٢ – ضبط رمي الخرسانة

من المستحسن دائما الصب على طبقات لا تزيد عن ٥٠ سم وذلك لكي يمكن دمكها جيدا ولضمان التأكد من هزها بالهزازات. كما أن ذلك يقلل الضغط على جوانب الشدة ويجب عدم الصب من ارتفاعات كبيرة لمنع الانفصال. ويجب أن يراعى أثناء رمي الخرسانة ألا يخرج جزء منها عن المكان المحدد للصب وذلك إما بحرص العمال على رمي الخرسانة من ارتفاعات بسيطة أو برمي الخرسانة على ألواح خشبية أو معدنية توضع في وضع مائل مقابل لمكان رمي الخرسانة فتنزل الخرسانة على هذه المجاري إلى أن تصل إلى المكان المطلوب وبهذه الطريقة يقل الفاقد .



شكل رقم (٤ – ١٠)

٣ – مكان وطريقة الصب

أ ـ الصب في الأماكن المفتوحة والمقفلة

إن الصب في الأماكن المفتوحة مثل القواعد الخرسانية الكبيرة لا يحتاج إلى مجهود كبير في مراعاة طريقة الصب حيث أن كل كميات الخرسانة التي يتم رميها تظهر للعين فيمكن الصب في أكثر من منطقة ويمكن ذلك بدون تعارض العمال مع بعضهم ويمكن تشغيل الهزازات فيها بسهولة. كما أنه في المناطق المفتوحة يمكن صب كميات كبيرة نسبيا نظرا لعدم وجود عوائق .

أما في الأماكن المقفلة مثل الأعمدة ذات القطاع الصغير أو الحوائط الخرسانية ذات السمك الصغير فإن الصب يكون صعبا ويحتاج إلى عناية خاصة لضمان عدم تعشيش الخرسانة ولضمان ملء كل فراغ في هذه الأماكن. وفي بعض هذه الأماكن يصعب استعمال الهزاز الداخلي فإما أن نستعمل الهزازات

الخارجية على الفرم أو قد لا يستعمل الهزاز لذلك نحتاج للعناية بالصب نظرا لأنه لا يمكن رؤية الخرسانة جيدا داخل الفرم .



شكل رقم (٤ –١١)

ب ـ الصب على خرسانة قديمة

يجب عند الانتهاء من الصب ترك السطح العلوي للخرسانة خشنا وعدم تسويته في حالة صب خرسانات بعد ذلك على هذا السطح وذلك ضمانا لزيادة التماسك بين الخرسانات التي صبت قبل ذلك بيوم أو أكثر .

أما في حالة عدم الصب فوق هذه الخرسانات بعد ذلك فيجب الاعتناء بتشطيب وجه الخرسانة العلوي وتسويته تماما ودمكه لتقليل الفراغات الهوائية على سطح الخرسانة .

جـ ـ أماكن إيقاف الصب

إن أهمية اختيار المكان الذي ينتهي عنده الصب بالنسبة للبلاطات والكمرات في الأسقف أو الأعمدة يحتل المكان الأول في ضمان سلامة المنشأ. فمن المستحسن دائما أن تصب الأسقف على دفعة واحدة كلما أمكن ذلك لأن مكان الربط في الخرسانة يكون غالبا أضعف مما إذا لم يكن هناك مكان للربط . ويجب على المهندس أن يوقف صب الخرسانة في الأماكن التي يكون عندها عزم الانحناء يساوي صفرا أو في أماكن أقل عزم انحناء وأن يترك السطح النهائي مائلا خشنا في البلاطات والكمرات وأفقيا خشنا في الأعمدة .

ويفضل إيقاف الصب بعد الركيزة مباشرة ويجب البدء في الصب بالكمرات الرئيسية أولا ثم الثانوية ثم السقف وذلك في منطقة الصب وضمان التأكد من أن الخرسانة قد ملأت كل الأمكنة المطلوبة .

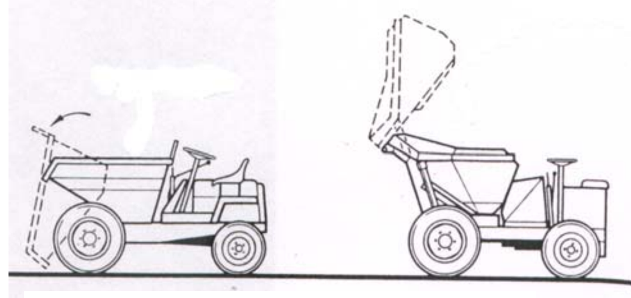
د ـ النقل

هناك طرق عديدة لنقل الخرسانة من الخلاط إلى الفرم وكلها تعتمد على نوع العمل والأدوات والمعدات المتوفرة والتي تشمل العربات والأوعية وعدداً كبيراً من الناقلات والسيور المتحركة وأنابيب ومضخات لضخ الخرسانة . وتختلف الطريقة التي تستخدم في النقل باختلاف نوع المنشأ الخرساني والامكانيات . ومن الطرق المستخدمة طريقة النقل بعربة اليد والعربة القلابة ذات المحرك أو ما يسمى بالدنبر ، حيث توضح طرق النقل المختلفة وهي :

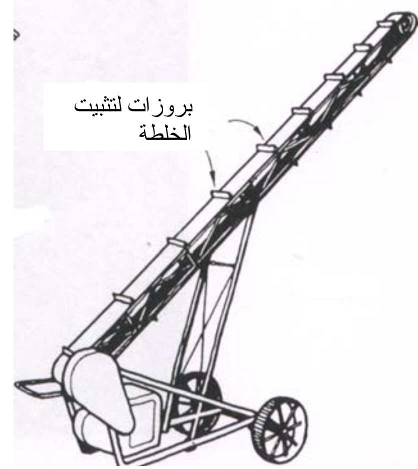
١. نقل الخرسانة بواسطة الروافع .
٢. نقل الخرسانة بواسطة الأوعية .
٣. نقل الخرسانة بواسطة السيور .
٤. نقل الخرسانة بواسطة العربات .
٥. نقل الخرسانة في القلاب .
٦. نقل الخرسانة في الدنبر .
٧. نقل الخرسانة بواسطة عربات اليد .

ويجب أن تؤخذ في الاعتبار أثناء عملية النقل النقاط الثلاث الآتية :

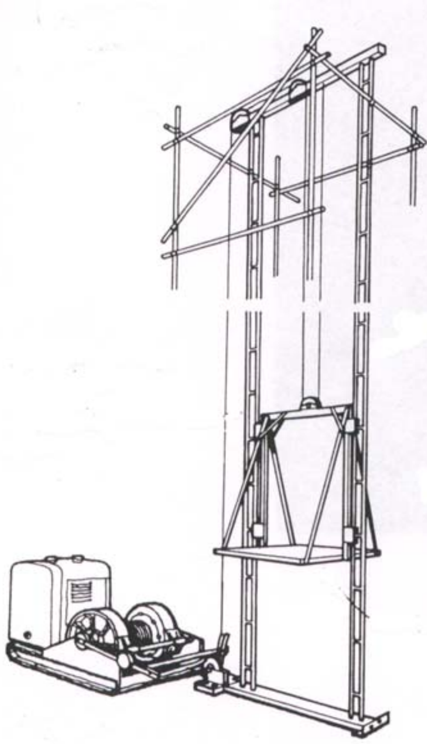
١. جفاف الخرسانة : يحدث جفاف خاصة في الجو الحار إذا لم يتخذ الاحتياطات الكافية وذلك بتغطية الخرسانة في أوعيتها أثناء النقل لمدة كبيرة .
٢. انفصال حبيبات الخرسانة : يعتبر انفصال حبيبات الخرسانة من الظواهر الخطيرة أثناء النقل نتيجة الاهتزاز يجعل الركام الكبير يهبط إلى القاع وتنفصل الحبيبات الصغيرة والأسمنت والماء وتصعد إلى السطح وينتج عن ذلك خرسانة عديمة التجانس ولتجنب ذلك يجب تجنب الاهتزاز قدر الامكان وتقليل مسافة نقل الخلطة .
٣. تماسك الخرسانة : تحدث غالباً في الخلطات الجافة حيث طول مسافة النقل يعرض الخلطة إلى التماسك قبل صبها .



الدنبر



السير المتحرك



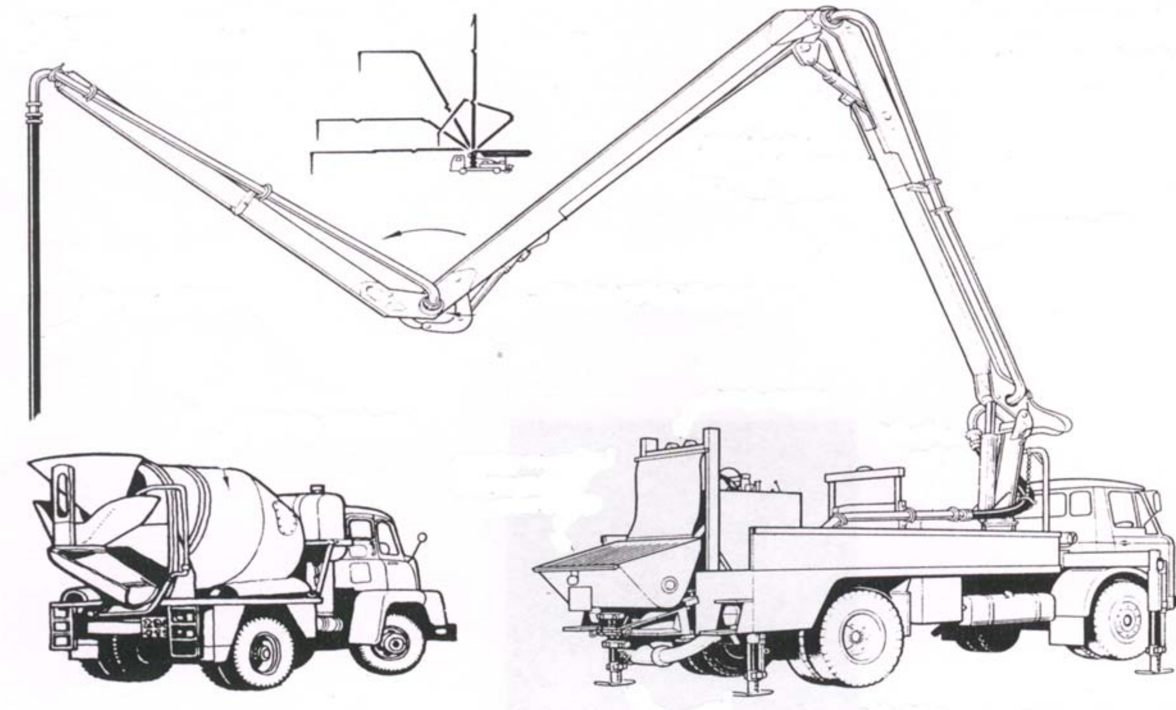
الرافعة

شكل رقم (٤ – ١٢)

هـ - الصب بطريقة الضخ

تعتبر عملية الصب بطريقة الضخ من أفضل الطرق للصب وهي الطريقة الحديثة فيمكن باستخدامها التحكم في الصب لأقصى درجة ممكنة حيث يمكن توجيه المواسير التي تمر داخلها الخرسانة إلى

المكان المطلوب تماما. كما أن السرعة التي يتم بها الخلط ووصول الخرسانة إلى المكان المطلوب تضمن عدم شك الخرسانة قبل صبها .



شكل رقم (٤ – ١٣) مخطط تفصيلى للمضخة



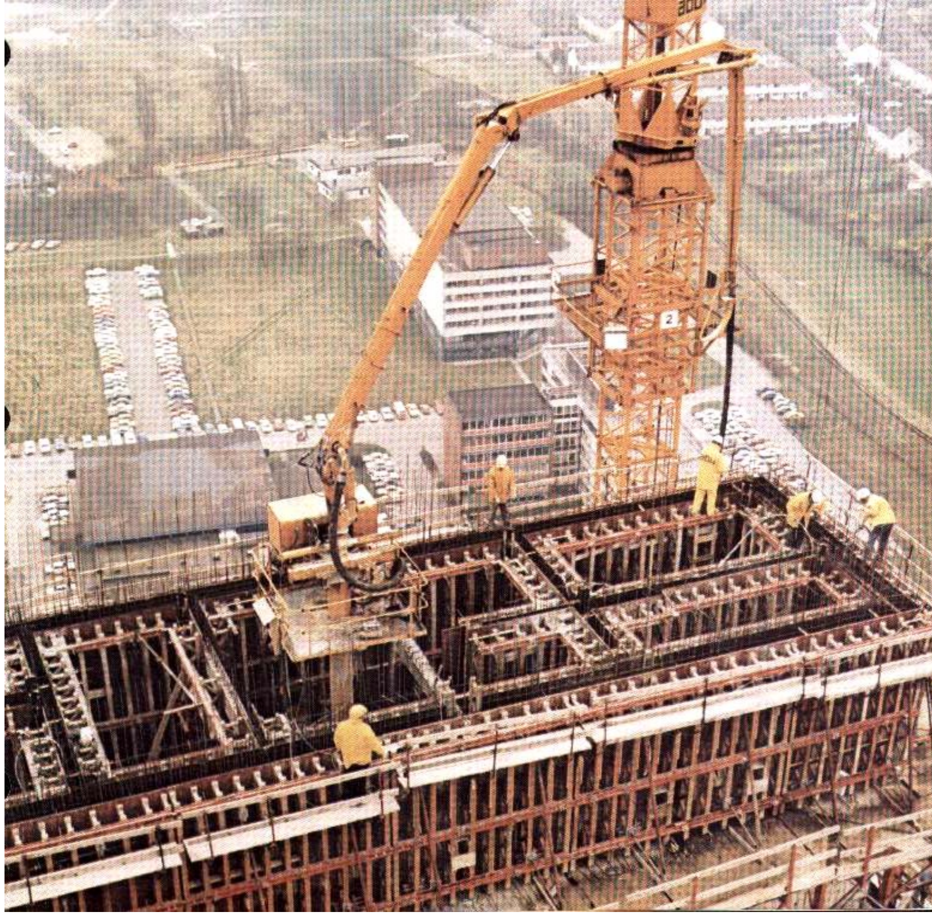
شكل رقم (٤ — ١٤)

و - اسـ

إن اسـ ... ا الأوناش اليدوية التي توضع في الأماكن المرتفعة عند الصب على الأرض وترفع الخرسانات بواسطتها وهي لا تحتاج لأي وقود .

أما النوع الآخر فهي الأوناش الميكانيكية في الصب ومنها المتحرك الذي يرفع الخرسانات ويحملها إلى مكان الصب أو الثابت في مكانه ويحرك ذراعه فقط بحيث يوضع في منتصف المسافة بين منطقة الخلاط ومكان الصب وهو المستعمل حاليا في المشاريع الكبيرة كما في شكل رقم (٤ — ١٥) .

ومن فوائد الأوناش أنه يمكنها رفع الخرسانات التي تصب على الأرض إلى أماكن الصب العالية التي قد تصل إلى ما يزيد عن ٥٠ متر ارتفاعا ، كما يمكنها الصب في أماكن الصب المنخفضة وبذلك توفر مجهودا بشريا كبيرا. ويعتبر تشغيل الأوناش غير اقتصادي إلا في حالة الأعمال الكبيرة .



شكل رقم (٤ – ١٥)

٤– الصب والانفصال الحبيبي

من المعروف أن عملية صب الخرسانة هي عملية وضع الخرسانة الطازجة المخلوطة خلطا جيدا في مكانها في الهيكل الإنشائي للمبنى ويراعى في عملية الصب ألا يحدث أي انفصال في الخرسانة سواء كان بين المونة وبين حبيبات الركام الكبير أو بين الخرسانة وبين حديد التسليح .

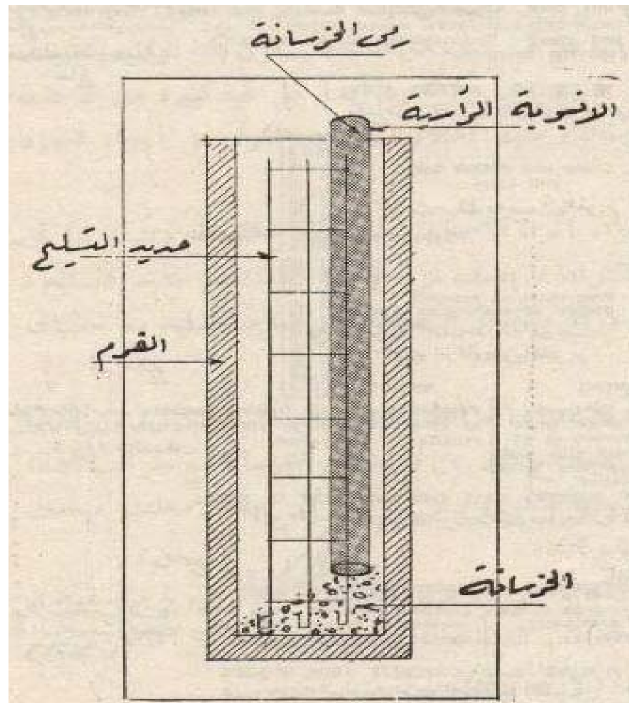
هذا وقد يحدث الانفصال نتيجة لخطأ في عملية الصب كما في الحالات الآتية :

أ ـ صب الخرسانة في قوالب عميقة

عند صب الخرسانة في القوالب الخشبية العميقة كما في الأعمدة والحوائط الساندة بتركها تسقط من ارتفاع الشدة الخشبية إلى قاعها فإن الحبيبات الكبيرة تسقط أولا إلى قاع الشدة الخشبية بينما تطفو الحبيبات الأخرى الخفيفة خاصة الماء على السطح بما يسبب الانفصال أو تكون خرسانة القاع قليلة التماسك نظرا لاحتوائها على كمية قليلة من المونة الأسمنتية كما تكون أيضا محتوية على كمية

كبيرة من الركام الكبير بينما تكون الخرسانة في الأجزاء العليا لدنة لاحتوائها على كمية كبيرة من الماء .

وعلى وجه العموم فإن إسقاط الخرسانة من مسافة مناسبة خلال أنبوبة مناسبة شكل رقم (٤ — ١٦) يكون أقل خطأ من تركها تصطدم بجوانب الشدة عند إسقاطها من مسافة أقل. ولتلافي حدوث انفصال عند الصب في القوالب الخشبية العميقة يستحسن أن تصب الخرسانة خلال فتحات جانبية تصنع في الشدة على ارتفاعات الشدة ثم تصب الخرسانة خلال هذه الفتحة على طبقات يختلف سمكها باختلاف نوع العضو الإنشائي .



شكل رقم (٤ — ١٦)
صب الخرسانة في عامود خلال أنبوبة

ب ـ صب الخرسانة على مستوى مائل

يحتاج الأمر في بعض الأحيان صب الخرسانة على مستوى مائل ويجب في هذه الحالة أن تصب الخرسانة على مستوى مائل ويجب في هذه الحالة أن تصب الخرسانة بداية من النهاية السفلى للمنحدر لأنه إذا بدأنا بالصب من الجزء العلوي وذلك بوضع الخرسانة عليها ثم تركها تنحدر تحت تأثير وزنها فإن الحبيبات الكبيرة من الركام تنحدر أولا وتتراكم في نهاية المجرى بينما تبقى الحبيبات الصغيرة مع المونة في أعلى المنحدر ويحدث الانفصال الحبيبي .

٤ -٤ الدمك

بعد عملية الصب مباشرة تكون الخرسانة الطازجة غير متماسكة مع بعضها من ناحية وحديد التسليح من ناحية أخرى ومن ثم فإن عملية الدمك ضرورية لتحقيق قوة الترابط بين المواد المكونة للخرسانة مع بعضها وأيضا مع حديد التسليح فضلا عن أن عملية الدمك تساعد على تقليل الفراغات الهوائية التي تحتويها الخرسانة المصبوبة بدون دمك. هذا وتتم عملية الدمك بالطرق اليدوية أو الطرق الميكانيكية المتعددة الأنواع. وبالرغم من أن طرق دمك الخرسانة كثيرة إلا أن استخدام الأجهزة الهزازة (الهزازات) قد أثبت فاعلية كبيرة حيث يمكن باستخدامها استعمال خلطات من الصعب صبها بالوسائل أو الطرق العادية .

والغرض من هز الخرسانة آليا هو جعل جزيئات الخرسانة الحديثة التكوين في حركة مستمرة أثناء عملية الهز وذلك بتقليل الاحتكاك بين الجزيئات وبعضها فتكتسب الخلطة خاصية التشحيم ثم جعلها تستقر في مكانها مالئة كل الفراغات وآخذة نفس شكل الفرم بالضبط وبالدقة المطلوبة .

والشكل رقم (٤ – ١٧) يوضح أحد أكثر الهزازات انتشارا وهو من أنواع الهزازات الداخلية .



شكل رقم (٤ – ١٧) هزاز داخلي

ملاحظات

- يجب ألا يستخدم الهزاز لمدة طويلة أو لنقل الخرسانة ودفعها من مكانها لأن ذلك يؤدي إلى انفصال مكوناتها وضعفها .
- يسبب عدم دمك الخرسانة دمك جيداً إلى ظهور عيوب مثل تعشيش والفراغات وانكشاف حديد التسليح ، مما قد يؤثر على سلامة المنشأة .

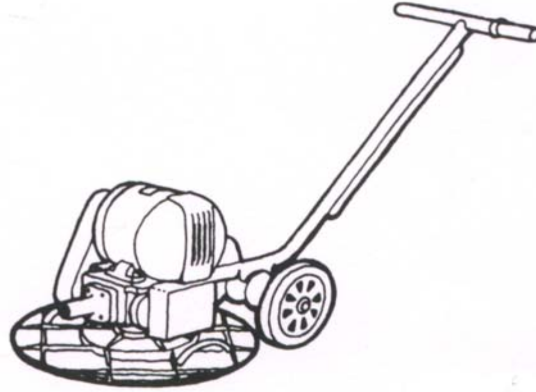




شكل رقم (٤ – ١٨) يوضح التعشيش والفراغات وانكشاف حديد التسليح

٤ -٥ الإنهاء والتشطيب

لقد بذلت جهود كثيرة لتحسين منظر السطح الخرساني وذلك بصبها في فرم ملساء أو بمعالجة هذه الأسطح بطرق مختلفة . وتستخدم آلات مختلفة للتسوية والتهذيب لسطح الخرسانة منها المسطرين الخشبية والمعدنية والقدات الخشبية أو المراوح الكهربائية الموضح بالشكل رقم (٤ – ١٩) وكل هذه المعدات تستخدم بغرض إعطاء أسطح الخرسانة الملمس الناعم والمنسوب الصحيح وتقليل الفراغات قدر الإمكان على سطح الخرسانة لجعلها ملساء تقلل نفاذها للماء والمواد الضارة بحديد التسليح وكذلك إعطاء المنظر المطلوب . وأيضاً تستخدم التسوية لطمر جزيئات الركام التي تلي السطح مباشرة . وإزالة العيوب والتحدب والتقعر من السطح .



شكل رقم (٤ – ١٩) الماكينة المروحية المستخدمة في التشطيب

٤ -٦ المعالجة

المعالجة هي إحدى الطرق التي تساعد الخرسانة في الحصول على المقاومة المطلوبة وكذلك مقاومة العوامل الجوية. وبدراسة خواص الخرسانة وجد أن المقاومة تزداد بمقدار ٥٠ ٪ عندما تعالج لمدة ٧ أيام وبمقدار ١٠٠ ٪ عندما تتم المعالجة لمدة ١٤ يوما .

لذلك يجب أن تكون كمية الرطوبة على سطح الخرسانة كافية لمنع الجفاف والانكماش قبل تصلب الخرسانة .

٤ -٦ -٢ فترة المعالجة

تحصل الخرسانة على معظم قوتها خلال الأيام الأولى لذا نجد أن الفائدة العظمى من المعالجة تكون مركزة خلال هذه الفترة. وكلما تأخرت معالجة الخرسانة – ولو يوما واحدا – كلما كان ذلك مضرا بالخرسانة حيث أنه يؤدي إلى عدم اكتساب الخرسانة للمقاومة المطلوبة .

ولا تجري المعالجة إلا بعد تسوية السطح النهائي للخرسانة ويحسن زيادة فترة المعالجة للحصول على خواص أفضل فمثلا معالجة ٧ أيام تعطي خواصا أفضل من معالجة يوم أو يومين وهكذا. وتنص المواصفات على أن يعالج سطح الخرسانة لمدة ١٤ يوما على الأقل لمنع حدوث الانكماش أو التغيرات الحجمية نتيجة لتغير نسبة الرطوبة في الخرسانة أو حولها والبعض الآخر يحددها بما لا يقل عن ١٤ يوما. وتتوقف درجة المعالجة لدرجة كبيرة على نوع الإسمنت المستخدم ، فبالنسبة للأسمنت البورتلاندي العادي يكفي ١٤ يوما للمعالجة في درجات الحرارة العادية أما الإسمنت السريع التصلد فإنه يحتاج إلى فترة قصيرة في العلاج مع العناية التامة خلال هذه الفترة .

٤ -٦ -٣ طرق معالجة الخرسانة

هناك العديد من الطرق المستخدمة في معالجة الخرسانة نذكر بعض منها فيما يلي :

١) طريقة الرش

ترش الخرسانة مرتين أو ثلاث مرات يوميا وذلك عندما لا تكون معرضة لحرارة الشمس المباشرة ولا تطبق هذه الطريقة في حالة خرسانة الرصف .



شكل رقم (٤ - ٢٠) معالجة البلاطات بواسطة الغمر بالماء

٢) طريقة التغطية

وتستخدم في حالة الخرسانة المعرضة لتأثير الرياح وأشعة الشمس المباشرة .

أ - التغطية بالخيش أو بقماش يبلل بالماء مرتين يوميا .

ب - التغطية بطبقة من الرمل سمكها ٥ سم أو بنشارة الخشب وتبلل مرة يوميا .

جـ - التغطية بالقش أو التراب المبلل :

عندما تتصلب الخرسانة بدرجة كافية تغطى بطبقة من التراب بسمك حوالي ٥ سم أو بطبقة من القش بسمك حوالي ١٥ سم لحفظ السطح مبلل لمدة ٧ — ١٢ يوما .

د - التغطية بالورق :

وهي إحدى الطرق للمعالجة الحديثة بالنسبة للأسطح الأفقية ويستخدم فيها نوع من الورق يقاوم منفذية الماء ويوضع هذا الورق على سطح الخرسانة بعد التشطيب مباشرة ويترك في مكانه لفترة المعالجة المطلوبة .

هـ ـ التغطية بالبيتومين :

في الأماكن الجافة (مثل الصحراء) التي لا يمكن الحصول على الماء فيها بسهولة توضع طبقتان من الإسفلت ويراعى أن توضع إحدى هذه المواد على سطح الخرسانة في خلال ساعة من صبها والغرض من استخدام هذه المواد هو منع تبخر ماء الخلط من داخل الصبة .



شكل رقم (٤ — ٢١) معالجة الأعمدة بواسطة الخيش المبلل

٣) طريقة الأحواض أو الغمر

وتستخدم في حالة خرسانة الرصف وقد تكون هذه الأسطح مائلة مما يجعل وجود الماء عليها غير ممكن لذلك تعمل لها حواجز طولية وعرضية (على شكل أحواض يمكن إزالتها بسهولة) وتملأ هذه الأحواض بالماء وتزال بعد أن تتم عملية المعالجة .

٤) المعالجة بالبخار

تستخدم مثل هذه الطريقة في معالجة الوحدات الخرسانية جاهزة الصنع مثل البلوكات وهذه الطريقة كثيرة التكاليف ولا تستخدم إلا في المصانع الكبيرة .

٤ -٦ -٤ اشتراطات أسس التصميم والتنفيذ لوقاية الخرسانة ومعالجتها

أ ـ يجب وقاية الخرسانة حديثة الصب من المطر والجفاف السريع خصوصا في حالة الجو الحار أو الجاف أو العاصف وذلك بتغطيتها بأغطية مناسبة من وقت إنهاء صب الخرسانة إلى الوقت الذي يصبح فيه السطح صلبا بدرجة كافية بحيث يمكن رشه بالماء وتغطيته بمادة صلبة ، ويجب حفظ الخرسانة رطبة

باستمرار ابتداء من وقت تصلب السطح بدرجة كافية لمدة لا تقل عن سبعة أيام وذلك عند استعمال الإسمنت البورتلاندي العادي وثلاثة أيام عند استعمال الإسمنت سريع التصلد ، ويتم ذلك برشها جيدا بالماء أو بتغطية السطح بخيش أو رمل أو قش أو حصير أو بأية مادة مناسبة مع حفظها في حالة رطبة بالرش المستمر .

ب ـ يجب ألا تتعرض الخرسانة في أيامها الأربعة الأولى من صبها لماء يحتوي على أملاح ضارة .

جـ ـ كما يجب ألا تتعرض الخرسانة لضغوط من جانب واحد نتيجة ماء جوفي أو ردم ترابي سيما المشبع منه بالماء إلا بعد أن تصل الخرسانة إلى مقاومتها المقررة .

٤ -٧ ضبط الجودة

٤ -٧ -١ طريقة أخذ العينات وإجراء الاختبارات

يجب أن يشرف على أخذ العينات في الموقع مهندس أو فني مؤهل لديه خبرة في طريقة أخذ العينات وإجراء الاختبارات ويمكن تلخيص الخطوات واختبارات الجودة التي يلزم القيام بها في الموقع كالتالي :

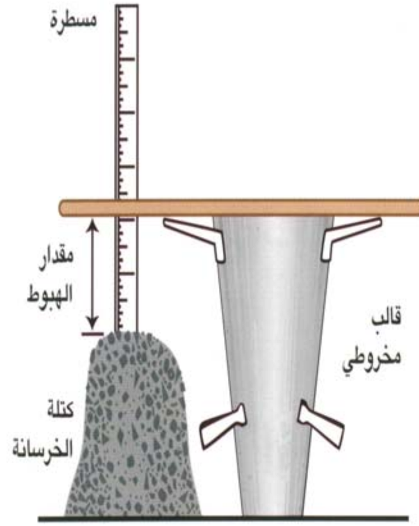
١ - أخذ عينة من الخرسانة وقت الصب لإجراء اختبار الهبوط واختبار مقاومة الضغط . ويكون معدل تكرار أخذ عينات الخرسانة لاختبار الضغط .

٢ - قياس درجة حرارة العينة والأفضل أن



شكل رقم (٤ – ٢٢) قياس درجة حرارة الخرسانة

تزيد درجة حرارة الخلطة الخرسانية عن ٣٢ درجة مئوية على أن لا تتجاوز ٣٥ درجة مئوية كحد أعلى .



شكل رقم (٤ – ٢٣) رسم توضيحي لاختبار الهبوط

٣ - إجراء اختبار الهبوط على العينة تأكد من قابلية الخلط للتشغيل . وفي حالة كون مقدار الهبوط لا يحقق الحد الأدنى ، فيجب إضافة ملدنات كيميائية محسنة للخلطة ولا يضاف الماء بأي حال من الأحوال بسبب تأثيرة السلبي على قوة الخرسانة . ويمكن تكرار اختبار الهبوط كلما دعت الحاجة للتأكد من قابلية الخلطة للتشغيل .





شكل رقم (٤ – ٢٤) خطوات إجراء اختبار الهبوط

٤ - يجهز ٦ مكعبات لكل عينة من الخرسانة (١٥×١٥×١٥ سنتمتر) لاختبار مقاومة الضغط على أن تحفظ المكعبات في الموقع في مكان جيد التهوية وبعيدة عن الشمس والغبار .

٥ - تنتقل المكعبات إلى المختبر في اليوم التالي (خلال ١٦ -٢٤ ساعة من وقت الصب) ثم تغمر بعد فكها من قوالبها في حوض ماء إلى أن يحين موعد اختبارها ويتم تحديد مقاومة الضغط لكل عينة من الخرسانة باختبار ثلاثة مكعبات بعد مضي ٧ أيام والثلاثة الأخرى بعد مضي ٢٨



شكل رقم (٤ – ٢٥) تسوية السطح النهائي

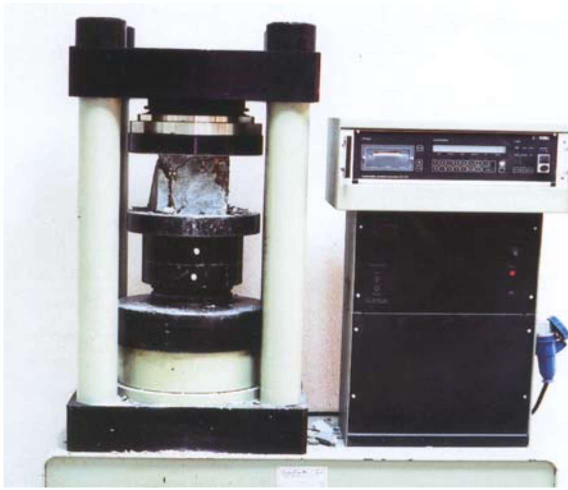


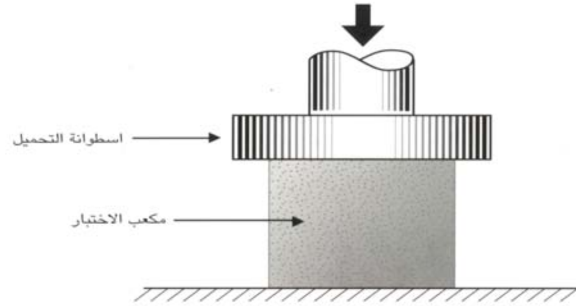
شكل رقم (٤ – ٢٦) حفظ العينة في الماء

يوماً . وتعتبر نتيجة الاختبار بعد ٢٨ يوماً هي مقاومة ضغط الخرسانة المعتمدة .

أما نتيجة اختبار المكعبات بعد سبعة أيام فإنها فقط للاسترشاد على ما ستكون عليه مقاومة ضغط الخرسانة بعد ٢٨ يوماً .

فنتائج اختبار السبعة أيام عادة ما تتراوح من ٧٠ -٨٥ ٪ من قيمة مقاومة الضغط بعد ٢٨ يوماً .





شكل رقم (٤ – ٢٧) اختبار مقياس الهبوط

٤ -٧ -٢ محاذير إضافة الماء إلى الخرسانة في الموقع

إن إضافة الماء إلى الخلطة في الموقع لتسهيل عملية الصب يؤدي إلى تدهور كبير في خواص الخرسانة ، فهو يضعف قوة الخرسانة مما قد يؤدي إلى مشاكل إنشائية في المبنى كما أنه يؤدي إلى سرعة تدهور الخرسانة وإلى تآكل الحديد في الأساسات مع مرور الزمن .

وعندما تكون قابلية الخلطة للتشغيل (مقدار الهبوط) عند الصب أقل من القيمة المحددة في تذكرة التوريد المرفقة بالخلطة أو في حالة الحاجة إلى خرسانة أكثر ليونة فيجب استخدام الملدنات الكيميائية (Superplasticizers) التي تحقق الهدف المطلوب بدون أن تسبب تأثيرات سلبية على خواص الخرسانة . وقد تم إلزام جميع مصانع الخرسانة بتوفير كمية مناسبة من هذه الملدنات مع شاحنات نقل الخرسانة أو المضخة وذلك لاستخدامها في الموقع عند الضرورة .



٤ -٧ -٣ ١هـ شكل رقم (٤ -٢٨) ظهور تصدع نتيجة استخدام خرسانة رديئة

يؤدي ارتفاع درجة الحرارة في فصل الصيف إلى عدة مشاكل قد تقلل من جودة الخرسانة الجاهزة وقابليتها للتشغيل . ولتقليل التأثيرات السلبية للجو الحار على جودة الخرسانة فقد ألزمت الأمانة جميع مصانع الخرسانة الجاهزة العملة في مدينة الرياض بأخذ الاحتياطات الضرورية لإنتاج خرسانة ذات درجة حرارة متوافقة مع المواصفات ومنها استخدام مبردات لتبريد ماء الخلطة وتظليل ورش الركام المستخدم . ويجب تجنب الصب في الأوقات ذات الحرارة المرتفعة وخصوصاً وقت الظهيرة في فصل الصيف بحيث يكون الصب في الأوقات الأكثر اعتدالاً (الفترة المسائية أو الصباح الباكر) .



شكل رقم (٤ – ٢٩) ظهور تشققات نتيجة الصب في الجو الحار

المراجع

اسم الكتاب	اسم المؤلف
١ - هندسة الطرق (الترجمة للطبعة الإنجليزية الثالثة)	كلارسن هـ. أوجلسبي (أستاذ الهندسة المدنية – جامعة ستانفورد)
٢ - ميكانيكا التربة	د. أسامة مصطفى الشافعي (كلية الهندسة – جامعة الإسكندرية وجامعة بيروت العربية)
٣ - هندسة الطرق الحضرية والخلوية	م. محمد محمد رجاء
٤ - ميكانيك التربة وهندسة الأسس	ب . سنغ ش . براكاس
٥ - المواد الإسفلتية وطرق ضبط الجودة وإنشاء الطرق	أ.د. خليل أحمد أبو أحمد (أستاذ هندسة الطرق والمطارات كلية الهندسة – جامعة الإسكندرية)
٦ - " المواصفات الفنية " الخاصة بعقد استبدال وتدعيم خطوط المياه الرئيسية بمدينة الرياض	مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض
٧ - تنفيذ شبكات الصرف الصحي " تمديد خطوط الصرف والتوصيلات المنزلية "	مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض
٨ - مواصفات صيانة وصفات الطرق الإسفلتية	وزارة الشؤون البلدية والقروية الإدارة العامة للتشغيل والصيانة
٩ - كتيب التعليمات والشروط والمواصفات الخاصة بتمديد المرافق العامة على الطرق	الإدارة العامة لخدمات الطرق م. عبدالله الصليع
١٠ - كتاب تقنية الإنشاءات المدنية " نظري – جميع المراحل"	المعهد الثانوي للمراقبين الفنيين

١١ -	كتيب برنامج مراقبة جودة الإنتاج في مصانع الخرسانة الجاهزة بمدينة الرياض رجب/١٤٢٠هـ	أمانة مدينة الرياض
١٢ -	مجلة عمار – العدد ٤١ مارس/٢٠٠٠	مجلة عمار
١٣ -	Water Supply and Sewerage	E.W. Steel Terence J. McGhee
١٤ -	Physical and Geotechnical Properties of Soils	Joseph E. Bowles
١٥ -	Fundamentals of Geotechnical Analysis	I.S. Dunn L.R. Anderson F.W. Kiefer
١٦ -	Structure and Fabric (part 2)	J.S. Foster R. Harington
١٧ -	Construction Methods and Management	S.W. Nunnally
١٨ -	Highway Materials Engineering Module IV : Aggregates and Unbound Bases	U.S. Department of Transportation

المحتويات

الفصل الدراسي الأول

تقدر المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني الدعم

المالي المقدم من شركة بي آيه إي سيستمز (العمليات) المحدودة

GOTEVOT appreciates the financial support provided by BAE SYSTEMS

BAE SYSTEMS